



**TUGAS AKHIR - MO 141326**

**ANALISIS KARAKTERISTIK GERAKAN DAN STABILITAS  
DINAMIS KMP SMS SWAKARYA DI PERAIRAN SELAT BALI**

**ARI SETIAWAN**

**NRP. 04311440000099**

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Eko B. Djatmiko, M.Sc., Ph.D.

Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



**FINAL PROJECT - MO141326**

**MOVEMENT CHARACTERISTICS AND DYNAMIC  
STABILITY ANALYSIS OF KMP SMS SWAKARYA IN BALI  
STRAIT WATERS**

**ARI SETIAWAN**

**NRP. 04311440000099**

Supervisors :

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.

Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty Of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

**ANALISIS KARAKTERISTIK GERAKAN DAN STABILITAS DINAMIS  
KMP SMS SWAKARYA DI PERAIRAN SELAT BALI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi  
Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Ari Setiawan

04311440000099

Disetujui oleh:

1. Prof. Ir. Eko B. Djatmiko, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T. (Pembimbing 2)

3. Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T. (Penguji 1)

4. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 2)

5. Ir. Murdjito, M.Sc. Eng (Penguji 3)

Surabaya, Juli 2018

## **ANALISIS KARAKTERISTIK GERAKAN DAN STABILITAS DINAMIS KMP SMS SWAKARYA DI PERAIRAN SELAT BALI**

Nama : Ari Setiawan  
NRP : 04311440000099  
Departemen : Teknik Kelautan  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Eko B. Djatmiko, M.Sc., Ph.D.  
Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

### **ABSTRAK**

Kapal KMP SMS Swakarya direparasi di Galangan PT. Dok dan Perkapalan Surabaya. Hal ini menyebabkan perubahan pada *displacement* dan posisi titik berat kapal. Sehingga perlu diperhitungkan stabilitas dinamis dan gerakan kapal agar aman untuk beroperasi di Selat Bali. Analisis diawali dengan menghitung stabilitas statis pada 6 kondisi pembebanan antara lain: *Light Load*; *Full Load Departure*; *Full Load Arrival*; *Ballast Departure*; *Ballast Arrival* dan *Full Load Departure* dengan pergeseran muatan. Hasil dari stabilitas statis dibandingkan dengan kriteria stabilitas *International Maritime Organization* (IMO). Semua kondisi pembebanan telah memenuhi kriteria stabilitas IMO. Selanjutnya menganalisis stabilitas dinamis dengan menggunakan nilai lengan pengembali (GZ) pada kurva stabilitas statis. Nilai stabilitas dinamis yang tertinggi adalah 1291.667 m.ton pada kondisi *Ballast Departure* dan yang terendah adalah 359.638 m.ton pada kondisi *Full Load* dengan pergeseran muatan. Untuk Analisis gerakan diawali dengan menghitung *Response Amplitude Operator* (RAO) dengan variasi gerakan *Heave*, *Pitch* dan *Roll*. pada gelombang regular. Selanjutnya menghitung spektra Jonswap yang akan disatukan dengan RAO untuk mencari respon gerak. Dari hasil analisis respon gerak, didapatkan hasil respon rata-rata dan respon signifikan gerakan *Heave* tertinggi pada kondisi *Ballast* dengan arah gelombang 90°, gerakan *Roll* tertinggi pada kondisi *Ballast* dengan arah gelombang 90° dan gerakan dan *Pitch* tertinggi pada kondisi *Light Load* dengan arah gelombang 45°. Langkah terakhir yaitu dilakukan analisis *seakeeping* pada tinggi gelombang signifikan 0.5 m, 0.9 m dan 1.5 m. Hasil analisis telah memenuhi kriteria umum *seakeeping* Olson.

***Kata kunci: RAO, Respon gerak, Seakeeping, Stabilitas statis dan dinamis***

## **MOVEMENT CHARACTERISTICS AND DYNAMIC STABILITY ANALYSIS OF KMP SMS SWAKARYA IN BALI STRAIT WATERS**

Name : Ari Setiawan  
NRP : 04311440000099  
Department : Ocean Engineering  
Supervisors : Prof. Ir. Eko B. Djatmiko, M.Sc., Ph.D.  
Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

### **ABSTRACT**

KMP SMS Swakarya has been repaired at PT. Dok dan Perkapalan Surabaya. This causes a change in the displacement and position of the center of the ship. So that, it needs to calculate the dynamic stability and movement of the ship to be safe to operate at Bali Strait. The analysis begins with calculating static stability at 6 loading conditions including Light Load; Full Load Departure; Full Load Arrival; Ballast Departure; Ballast Arrival and Full Load Departure with load shift. The results of static stability are compared to the stability criteria of the International Maritime Organization (IMO). All loading conditions have fulfilled the IMO stability criteria. Then analyze the dynamic stability by using the return arm (GZ) value on the static stability curve. The highest dynamic stability value is 1291,667 m.ton in Departure Ballast conditions and the lowest is 359,638 m.ton in Full Load conditions with load shifting. For movement analysis, begins with calculating Amplitude Operator Response (RAO) with Heave, Pitch, and Roll movements variations on regular waves. Furthermore, calculating Jonswap spectra that will be integrated with RAO to find motion response. From the results of the motion response analysis, the results of the average response and the significant response of the highest Heave movement at Full Load condition with 90° wave direction, the highest Roll motion at Ballast condition with 90° wave direction and the highest Pitch at Light Load condition with 45° wave direction. The final step is to do seakeeping analysis at a significant wave height of 0.5 m, 0.9 m, and 1.5 m. The results of the analysis have met the general criteria for seakeeping Olson.

***Keywords: RAO, motion response, Seakeeping, static and dynamic stability***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat serta hidayah-Nya, yang karena-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Karakteristik Gerakan dan Stabilitas Dinamis KMP SMS Swakarya Di Perairan Selat Bali”.

Adapun Penyusunan Tugas Akhir ini ditujukan sebagai pemenuhan syarat kelulusan dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tentunya penulis sadar akan banyak ditemukan kekurangan pada penulisan Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu penulis memerlukan saran serta kritik yang membangun sehingga menjadikan Tugas Akhir ini lebih baik.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2018

Ari Setiawan

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain kepada:

1. Orang tua penulis atas segala dukungan dan doa sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Ir. Eko B. Djatmiko, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ifnu Andri H. dari PT. Dok dan Perkapalan Surabaya atas dukungannya dalam mengerjakan Tugas Akhir ini berupa data-data.
5. Bapak H. Bambang Sugijanto dari PT. Lintas Sarana Nusantara atas dukungannya dalam mengerjakan Tugas Akhir ini berupa data-data.
6. Teman-Teman Maelstrom 2014 atas bantuannya dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori .....	6
2.2.1 Teori Gerak Kapal .....	6
2.2.2 Frekuensi Alami Bangunan Laut.....	7
2.2.3 <i>Response Amplitude Operator</i> (RAO).....	8
2.2.4 Spektrum Gelombang .....	9
2.2.5 Respon Gerak Struktur Pada Gelombang Acak .....	10
2.2.6 Stabilitas Kapal.....	10
2.2.7 Keseimbangan Benda Mengapung .....	11
2.2.8 <i>Righting Moment</i> (GZ) .....	13
2.2.9 Stabilitas Dinamis.....	13
2.2.10 Parameter Stabilitas IMO .....	14
2.2.11 <i>Seakeeping</i> .....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Metode Penelitian .....	15
3.2 Prosedur Penelitian .....	16



3.3 Pengumpulan Data .....	18
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Pemodelan Kapal .....	21
4.2 Validasi Model .....	22
4.3 Analisis Stabilitas Statis Kapal .....	22
4.4 Analisis Stabilitas Dinamis .....	30
4.5 Analisis Gerakan Kapal .....	35
4.6 Spektra Gelombang .....	40
4.7 Analisis Respon Gerakan .....	41
4.8 <i>Seakeeping</i> .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>Lampiran A Stabilitas Statis</b>	
<b>Lampiran B Stabilitas Dinamis</b>	
<b>Lampiran C RAO</b>	
<b>Lampiran D Spektra Gelombang</b>	
<b>Lampiran E Respon Spektra</b>	
<b>Lampiran F <i>Seakeeping</i></b>	
<b>Biodata Penulis</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 KMP SMS Swakarya .....	1
Gambar 1.2 Rute Pelayaran KMP SMS Swakarya .....	2
Gambar 2.1 Mode Gerakan Kapal .....	6
Gambar 2.3 Titik-Titik Penentu Keseimbangan Awal Kapal .....	11
Gambar 2.4 Keseimbangan Stabil.....	12
Gambar 2.5 Keseimbangan Netral .....	12
Gambar 2.6 Keseimbangan Tidak Stabil .....	13
Gambar 2.7 Momen Penegak.....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir .....	15
Gambar 3.2 Diagram Alir (lanjutan).....	16
Gambar 3.3 <i>Lines Plan</i> KMP SMS Swakarya .....	19
Gambar 3.4 <i>General Arrangement</i> KMP SMS Swakarya .....	19
Gambar 4.1 Pemodelan KMP SMS Swakarya.....	21
Gambar 4.2 Pemodelan Tangki KMP SMS Swakarya Tampak Atas .....	21
Gambar 4.3 Pemodelan Tangki KMP SMS Swakarya Tampak Samping .....	22
Gambar 4.4 Kurva GZ Kondisi <i>Light Load</i> .....	23
Gambar 4.5 Kurva GZ Kondisi <i>Full Load Departure</i> .....	24
Gambar 4.6 Kurva GZ Kondisi <i>Full Load Arrival</i> .....	25
Gambar 4.7 Kurva GZ Kondisi <i>Ballast Departure</i> .....	26
Gambar 4.8 Kurva GZ Kondisi <i>Ballast Arrival</i> .....	27
Gambar 4.9 Kurva GZ Kondisi <i>Full Load Departure</i> pergeseran muatan .....	28
Gambar 4.10 Skenario Pergeseran Muatan.....	29
Gambar 4.11 Kemiringan kapal setelah Pergeseran Muatan .....	29
Gambar 4.12 Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis <i>Light Load</i> .....	31
Gambar 4.13 Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis <i>Full Load Departure</i> .....	31
Gambar 4.14 Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis <i>Full Load Arrival</i> ..	32
Gambar 4.15 Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis <i>Ballast Departure</i> .	33
Gambar 4.16 Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis <i>Ballast Arrival</i> .....	34
Gambar 4.17 Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis Pergeseran Muatan.....	34

Gambar 4.18 Grafik RAO <i>Heave</i> kondisi <i>Light Load</i> .....	35
Gambar 4.19 Grafik RAO <i>Heave</i> kondisi <i>Full Load</i> .....	36
Gambar 4.20 Grafik RAO <i>Heave</i> kondisi <i>Ballast</i> .....	36
Gambar 4.21 Grafik RAO <i>Roll</i> kondisi <i>Light Load</i> .....	37
Gambar 4.22 Grafik RAO <i>Roll</i> kondisi <i>Full Load</i> .....	37
Gambar 4.23 Grafik RAO <i>Roll</i> kondisi <i>Ballast</i> .....	38
Gambar 4.24 Grafik RAO <i>Pitch</i> kondisi <i>Light Load</i> .....	38
Gambar 4.25 Grafik RAO <i>Pitch</i> kondisi <i>Full Load</i> .....	39
Gambar 4.26 Grafik RAO <i>Pitch</i> kondisi <i>Ballast</i> .....	39
Gambar 4.27 Spektra Gelombang Jonswap .....	40
Gambar 4.28 Grafik Respon Spektra <i>Heave</i> arah $45^0$ .....	41
Gambar 4.29 Grafik Respon Spektra <i>Heave</i> arah $90^0$ .....	42
Gambar 4.30 Grafik Respon Spektra <i>Heave</i> arah $135^0$ .....	42
Gambar 4.31 Grafik Respon Spektra <i>Roll</i> arah $45^0$ .....	43
Gambar 4.32 Grafik Respon Spektra <i>Roll</i> arah $90^0$ .....	44
Gambar 4.33 Grafik Respon Spektra <i>Roll</i> arah $135^0$ .....	44
Gambar 4.34 Grafik Respon Spektra <i>Pitch</i> arah $45^0$ .....	46
Gambar 4.35 Grafik Respon Spektra <i>Pitch</i> arah $90^0$ .....	46
Gambar 4.36 Grafik Respon Spektra <i>Pitch</i> arah $135^0$ .....	47
Gambar 4.37 <i>Single Amplitude Average Roll</i> Kondisi <i>Light Load</i> .....	48
Gambar 4.38 <i>Single Amplitude Average Pitch</i> Kondisi <i>Light Load</i> .....	48
Gambar 4.39 <i>Significant Heave Acceleration</i> Kondisi <i>Light Load</i> .....	49
Gambar 4.40 <i>Single Amplitude Average Roll</i> Kondisi <i>Full Load</i> .....	49
Gambar 4.41 <i>Single Amplitude Average Pitch</i> Kondisi <i>Full Load</i> .....	49
Gambar 4.42 <i>Significant Heave Acceleration</i> Kondisi <i>Full Load</i> .....	50
Gambar 4.43 <i>Single Amplitude Average Roll</i> Kondisi <i>Ballast</i> .....	50
Gambar 4.44 <i>Single Amplitude Average Pitch</i> Kondisi <i>Ballast</i> .....	50
Gambar 4.45 <i>Significant Heave Acceleration</i> Kondisi <i>Ballast</i> .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ukuran Utama KMP SMS Swakarya.....	18
Tabel 3.2 Data Hidrostatik KMP SMS Swakarya.....	18
Tabel 4.1 Validasi Data Hidrostatik.....	22
Tabel 4.2 Hasil Analisis Stabilitas Statis .....	29
Tabel 4.3 Hasil Analisis Stabilitas Dinamis.....	30
Tabel 4.4 Respon Rata- Rata Gerakan <i>Heave</i> .....	43
Tabel 4.5 Respon Signifikan Gerakan <i>Heave</i> .....	43
Tabel 4.6 Respon Rata- Rata Gerakan <i>Roll</i> .....	45
Tabel 4.7 Respon Signifikan Gerakan <i>Roll</i> .....	45
Tabel 4.8 Respon Rata- Rata Gerakan <i>Pitch</i> .....	47
Tabel 4.9 Respon Signifikan Gerakan <i>Pitch</i> .....	47

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan terhadap transportasi laut merupakan hal yang mutlak untuk dilaksanakan. Kebutuhan ini dapat dilihat dari kebutuhan angkut logistik, personal hingga sumber daya alam. Kapal menjadi alat utama untuk distribusi logistik skala besar yang efektif dan murah karena memiliki kapasitas angkut yang sangat besar. Oleh karena itu kebutuhan akan ukuran kapal menjadi perlu untuk dipertimbangkan (Prasetyo, 2012).

Selain itu kapal juga merupakan alat transportasi utama antar pulau. Salah satu angkutan yang paling penting untuk menghubungkan satu pulau dengan pulau lainnya adalah kapal penyeberangan. Kapal penyeberangan tentunya harus memenuhi ketentuan-ketentuan untuk dapat beroperasi. Ketentuan yang harus dipenuhi adalah keamanan dan keselamatan penumpang yang harus memenuhi persyaratan stabilitas dan kekuatan kapal berdasarkan standar keselamatan yang berlaku (Saputra, 2012).



**Gambar 1.1 KMP SMS Swakarya**  
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2017)

KMP SMS Swakarya yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 merupakan kapal ferry jenis ro-ro milik PT. Lintas Sarana Nusantara yang telah direparasi di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya pada bulan April 2017. Bagian kapal yang direparasi yaitu bagian *main deck*. Perubahan kapal sebelum dan sesudah direparasi terletak pada *displacement* total dan posisi titik berat kapal. Hal ini dapat mempengaruhi nilai stabilitas kapal ketika beroperasi. Daerah operasi KMP SMS Swakarya saat ini terletak di Selat Bali. Kapal ini beroperasi pada jalur pelayaran Ketapang-Gilimanuk seperti pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2** Rute Pelayaran KMP SMS Swakarya  
(Sumber: PT. Lintas Sarana Nusantara 2018)

Beban Gelombang adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi gerakan kapal. Kapal harus memiliki kemampuan untuk menahan beban gelombang tersebut. Sehingga perlu dianalisis gerakan kapal ketika sedang beroperasi. Dalam penelitian ini, akan dibahas besarnya pengaruh beban lingkungan terhadap gerakan kapal dan stabilitas kapal dengan variasi muatan sesuai dengan kondisi lingkungan di Perairan Selat Bali.

Terdapat enam kondisi pembebanan pada analisis stabilitas yang akan ditinjau antara lain:

- Kondisi *Light Load*: kondisi *lightship* dengan 0% *tank capacity*.
- Kondisi *Full Load Departure*: kondisi *full storage* dengan 100% *consumable tank capacity*.

- Kondisi *Full Load Arrival*: kondisi *full storage* dengan 10% *consumable tank capacity*.
- Kondisi *Ballast Departure*: kondisi *lightship* dengan 100% *consumable tank capacity* dan 100% *ballast tank capacity*.
- Kondisi *Ballast Arrival*: kondisi *lightship* dengan 10% *consumable tank capacity* dan 100% *ballast tank capacity*.
- Kondisi *Full Load Departure* dengan pergeseran muatan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana karakteristik gerakan KMP SMS Swakarya di atas gelombang acak?
2. Bagaimana stabilitas KMP SMS Swakarya yang sesuai dengan kriteria *International Maritime Organization (IMO)*?
3. Bagaimana stabilitas dinamis KMP SMS Swakarya?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan tugas akhir ini antara lain:

1. Mengetahui karakteristik gerakan KMP SMS Swakarya di atas gelombang acak.
2. Mengetahui stabilitas KMP SMS Swakarya yang sesuai dengan kriteria *International Maritime Organization (IMO)*.
3. Mengetahui stabilitas dinamis KMP SMS Swakarya.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil analisis dalam tugas akhir ini diharapkan dapat diketahui besarnya pengaruh beban lingkungan terhadap stabilitas kapal. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar dalam merancang KMP SMS Swakarya dan sebagai petunjuk pengoperasian KMP SMS Swakarya.

## 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari tugas akhir ini antara lain:

1. Ukuran utama kapal dan *compartment* mengacu pada *General Arrangement* yang didapatkan dari PT. Dok dan Perkapalan Surabaya.
2. Analisis gerakan kapal hanya dilakukan pada tiga gerakan, yaitu *Heave*, *Pitch* dan *Roll*.
3. Variasi sudut datang gelombang pada 45°, 90° dan 135°.
4. Kecepatan kapal pada 0 knot.
5. Variasi muatan untuk analisis gerakan kapal yaitu pada kondisi *Light Load*, *Full Load* dan *ballast*.
6. Spektra gelombang menggunakan spektra JONSWAP.
7. Beban lingkungan yang diperhitungkan yaitu beban gelombang.
8. Beban angin diabaikan.
9. Kriteria stabilitas yang digunakan adalah IMO A.749 “*Intact Stability For All Types of Ships*”.
10. Menggunakan kriteria *seakeeping* umum untuk kapal militer dari Olson.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada saat ini kebutuhan akan kapal dengan mempunyai kemampuan angkut besar sangat dibutuhkan. Hal yang perlu diperhatikan pada gerakan kapal ketika dihadapkan pada pembebanan yaitu pembebanan distribusi muatan pada kapal itu sendiri dan pada kondisi *hogging* dan *sagging*. Ketika kapal berlayar di laut, gerakan-gerakan kapal (*rolling*, *pitching*, *heaving*) dan lain-lainnya akan timbul karena adanya gelombang serta gelombang itu sendiri akan menimbulkan tahanan maupun gaya-gaya yang bekerja pada kapal (Murtedjo, 1990).

Dalam merancang bangunan lepas pantai, terdapat beberapa pertimbangan penting yang harus diperhitungkan diantaranya yaitu perilaku hidrodinamis, kemampuan mobilitas, serta *reliability* dalam pengoperasian. Bangunan lepas pantai terapung merupakan anjungan yang mempunyai karakter bergerak mengikuti gerakan gelombang. Dengan adanya gerakan-gerakan tersebut, dapat mengakibatkan kegagalan daripada bangunan apung untuk menjaga efektivitas dalam menjalankan fungsi utama bangunan apung tersebut terutama jika beroperasi di laut ganas sehingga menjadi salah satu permasalahan utama yang menjadi perhatian dalam studi tentang *seakeeping* (Djarmiko, 2012).

Korkut (2003) meneliti tentang perilaku gerakan kapal ro-ro di gelombang regular untuk kondisi *intact*. Analisa gerakan dilakukan pada enam derajat kebebasan model stasioner diukur lebih dari 9 frekuensi gelombang dan 3 ketinggian gelombang yang berbeda pada setiap frekuensi. Hasil analisis menunjukkan respon model meningkat dengan bertambahnya tinggi gelombang.

Dalam penelitian Marjoni (2012), dilakukan analisis stabilitas statis dan dinamis kapal Kapal Seine Di Pelabuhan Perikanan Pantai Lampulo Kota Banda Aceh Nanggroe Aceh Darussalam. Terdapat variasi pembebanan pada muatan dan tangka kapal. Hasil dari stabilitas statis dilanjutkan ke analisis stabilitas dinamis. Hasil analisis menunjukkan nilai lengan penegak/ kopel (GZ) positif dan jauh di atas nilai minimum merekomendasikan IMO.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Teori Gerak Kapal

Terdapat tiga jenis gerakan kapal yaitu *Heaving*, *Rolling* dan *Pitching* yang merupakan gerakan murni dari kapal. Tiga jenis gerakan tersebut dipengaruhi oleh gaya pengembali (*restoring force*) atau momen ketika struktur terapung (bentuk kapal) pada posisi setimbangnya. Gerakan lainnya (*Surging*, *Swaying* dan *Yawing*) tidak dapat mengembalikan kapal tersebut ke posisi setimbang, selain itu tidak adanya pengaruh gaya luar (*exciting force*) yang menyebabkan aktifitas gangguan dari arah kebalikannya (Bhattacharyya, 1972).

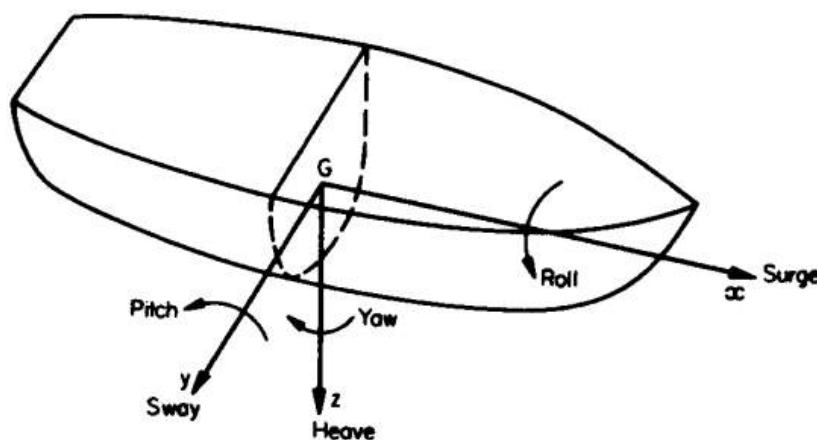
Gerakan kapal memiliki enam mode gerakan bebas (*six degree of freedom*) yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu tiga mode gerakan translasional dan tiga mode gerakan rotasional dalam tiga arah sumbu seperti Gambar 2.1 (Bhattacharyya, 1972). Keenam mode gerakan tersebut adalah:

1. Mode gerakan translasional

- a. *Surging*: gerakan osilasi translasional terhadap sumbu x
- b. *Swaying*: gerakan osilasi translasional terhadap sumbu y
- c. *Heaving*: gerakan osilasi translasional terhadap sumbu z

2. Mode gerakan rotasional

- a. *Rolling*: gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu x
- b. *Pitching*: gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu y
- c. *Yawing*: gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu z



Gambar 2.1 Mode Gerakan Kapal

Pada kondisi setimbang, sebuah bangunan apung akan mencapai kesetimbangan antara gaya apung dan gravitasi. Ketika gaya apung lebih besar daripada berat struktur, maka bangunan apung tersebut akan bergerak secara kontinu hingga kembali ke posisi semula. Pada frekuensi tertentu, berat struktur lebih besar dari gaya apung yang berakibat terhadap gerakan struktur. Kecepatan akan berkurang sampai kesetimbangan dicapai. Pada kondisi ini, gaya apung akan sama dengan berat struktur karena momentum bangunan apung akan bergerak lebih jauh dari posisi semula. Gerakan bangunan apung tidak bisa dikendalikan jika tidak ada gaya redaman (*damping effect*) yang bekerja berlawanan dengan arah gerakan (Bhattacharyya, 1972).

### 2.2.2 Frekuensi Alami Bangunan Laut

Frekuensi alami gerakan penting untuk diketahui pada suatu sistem dinamis yang bergerak dalam metode osilasi, bangunan apung dan kapal di atas gelombang. Pada bangunan apung yang mengapung bebas tanpa pengikatan, hanya ada tiga mode gerakan yang mempunyai frekuensi alami, yakni pada mode heave, roll dan pitch. Sedangkan mode lainnya tidak mempunyai frekuensi alami, karena secara teknis tidak mempunyai mekanisme kekakuan sendiri, yang akan bermanifestasi menjadi gaya pengembali. Berikut merupakan persamaan frekuensi natural menurut (Djarmiko, 2012):

Frekuensi alami gerakan heave

$$\omega_{nz} = \sqrt{\frac{k_{33}}{m_{33}+a_{33}}} = \sqrt{\frac{\rho g A_W}{m+a_{33}}} \quad (2.1)$$

Frekuensi alami gerakan roll

$$\omega_{n\phi} = \sqrt{\frac{k_{44}}{I_{44}+a_{44}}} = \sqrt{\frac{\rho g \nabla GM_T}{I_{44}+a_{44}}} \quad (2.2)$$

Frekuensi alami gerakan pitch

$$\omega_{n\theta} = \sqrt{\frac{k_{55}}{I_{55}+a_{55}}} = \sqrt{\frac{\rho g \nabla GM_L}{I_{55}+a_{55}}} \quad (2.3)$$

dengan:

$k_{33}$  = kekakuan gerakan heave (kN)

$k_{44}$  = kekakuan gerakan roll (kN)

$k_{55}$  = kekakuan gerakan pitch (kN)

$m$  = massa atau displasemen bangunan apung (ton)

$I_{44}$  = Momen inersia massa untuk gerakan roll (ton.m<sup>2</sup>)

$I_{55}$  = Momen inersia massa untuk gerakan pitch (ton.m<sup>2</sup>)

$a_{33}$  = massa tambah untuk gerakan heave (ton)

$a_{44}$  = momen inersia massa tambah untuk gerakan roll (ton.m<sup>2</sup>)

$a_{55}$  = momen inersia massa tambah untuk gerakan pitch (ton.m<sup>2</sup>)

$\rho$  = massa jenis air laut (1.025 ton/m<sup>3</sup>)

$g$  = percepatan graavitasi (9.81 m/det<sup>2</sup>)

$A_w$  = luas garis air (m<sup>2</sup>)

$\nabla$  = volume displasemen bangunan apung (m<sup>3</sup>)

$GM_T$  = tinggi metasentra melintang (m)

$GM_L$  = tinggi metasentra memanjang (m)

### 2.2.3 Response Amplitude Operator (RAO)

Informasi tentang karakteristik gelombang pada umumnya disajikan dalam bentuk grafik, dimana absisnya adalah berupa parameter frekuensi, sedangkan ordinatnya adalah rasio antara amplitudo gerakan pada mode tertentu,  $\zeta_{k0}$ , dengan amplitudo gelombang,  $\zeta_0$ , yang dikenal sebagai *Response Amplitude Operator* (RAO). RAO atau disebut juga dengan *transfer function* merupakan fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur. Dari informasi yang didapatkan dari RAO, dapat ditentukan apakah struktur akan aman beroperasi pada suatu wilayah. Ketika periode natural struktur mendekati periode gelombang pada suatu lokasi, maka kemungkinan untuk terjadi resonansi menjadi semakin besar. Ketika terjadi resonansi antara struktur dan lingkungan operasinya, maka respon gerak yang terjadi akan menjadi lebih besar yang kemudian menimbulkan kegagalan sistem (Djarmiko, 2012).

Persamaan RAO menurut (Chakrabarti, 1987) adalah sebagai berikut:

$$RAO(\omega) = \left( \frac{\zeta_a}{\zeta_w} \right) \quad (2.4)$$

dengan:

$\zeta_a$  = amplitudo gerakan struktur

$\zeta_w$  = amplitudo gelombang

#### 2.2.4 Spektrum Gelombang

Analisis spektrum gelombang dapat menggunakan beberapa teori spektrum gelombang yang telah ada antara lain mode spektrum Jonswap, Pierson Moskowitz, ISSC atau ITTC. Pemilihan spektrum gelombang didasarkan pada kondisi riil laut yang ditinjau. Bila tidak ada maka dapat digunakan untuk spektrum yang dikeluarkan oleh berbagai institusi dengan mempertimbangkan kesamaan fisik lingkungan.

Pada tugas akhir ini akan digunakan spektrum gelombang Jonswap yang merupakan modifikasi dari spektrum Pierson-Moskowitz (PM). Berikut ini adalah persamaan dari spektrum gelombang Jonswap (Djarmiko, 2012):

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp[-1.25(\omega_m/\omega)^4] \gamma \exp\left[\frac{(\frac{\omega_m}{\omega})^2}{2\tau^2\omega^2}\right] \quad (2.5)$$

dengan:

$S(\omega)$  = Spektrum gelombang

$\gamma$  = Parameter puncak (*peakedness parameter*)

$\tau$  = Parameter bentuk (*shape parameter*)

Untuk  $\omega \leq \tau_b = 0.07$  dan  $\omega \geq \tau_b = 0.09$

$\alpha = 0.0076 (X_0)^{-0.22}$ , untuk  $X_0$  tidak diketahui  $\alpha = 0.0081$

$$\omega = 2\pi\left(\frac{g}{U_m}\right)(X_0)^{-0.33}; X_0 = \frac{gx}{U_m^2}$$

Sedangkan nilai dari parameter puncak ( $\gamma$ ) = 3.3 untuk Laut Utara. Namun Harga  $\gamma$  untuk perairan di Indonesia lebih rendah yaitu 2.5.

### 2.2.5 Respon Gerak Struktur Pada Gelombang Acak

Dalam analisis respon gerak struktur pada gelombang acak perlu dilakukan konversi respon gerak struktur dari gelombang reguler menjadi gelombang acak karena gelombang yang terjadi di lapangan adalah gelombang acak. Gelombang acak merupakan superposisi dari komponen-komponen pembentuknya berupa gelombang sinusoidal dalam jumlah yang tak terhingga. Tiap-tiap komponen gelombang memiliki tingkat energi tertentu yang dikontribusikan dan secara keseluruhan dapat diakumulasikan dalam bentuk spektrum energi gelombang (Djarmiko, 2012).

Respon gerak struktur pada gelombang acak dapat dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respon. Spektrum respon didefinisikan sebagai respon kerapatan energi pada struktur akibat gelombang. Hal ini dapat dilakukan dengan mengalihkan harga kuadrat dari *Response Amplitude Operator* (RAO) dengan spektrum gelombang pada daerah struktur bangunan apung tersebut beroperasi. Persamaan spektrum respon secara matematis dapat dituliskan sebagai:

$$S_R = [RAO(\omega)]^2 S(\omega) \quad (2.6)$$

dengan:

$S_R$  = spektrum respon ( $m^2 \text{ sec}$ )

$S(\omega)$  = spektrum gelombang ( $m^2 \text{ sec}$ )

$RAO(\omega)$  = *transfer function*

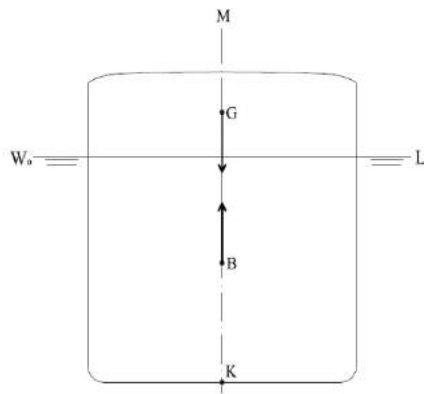
$\omega$  = frekuensi gelombang (rad/sec)

### 2.2.6 Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali ke kedudukan semula setelah mengalami kemiringan oleh gaya-gaya dari luar. Gaya-gaya dari luar tersebut adalah angin, arus, gelombang dan badai. Stabilitas dibagi menjadi dua, yaitu stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Stabilitas statis diperuntukkan untuk kapal dalam keadaan diam dan terdiri dari stabilitas memanjang (waktu terjadi *trim*) dan stabilitas melintang (waktu terjadi oleng/*heeling*). Sedangkan stabilitas dinamis diperuntukkan untuk kapal yang sedang oleng dengan sudut yang besar ( $>15^\circ$ ).

Pada peninjauan stabilitas kapal, harus diperhatikan tiga buah titik yang memegang peranan penting seperti pada Gambar 2.3, yaitu:

1. Titik G (*Gravity*) adalah titik berat dari berat kapal keseluruhan. Titik berat dipengaruhi oleh bentuk konstruksi kapal.
2. Titik B (*Bouyancy*) adalah titik tekan ke atas/ titik tangkap gaya tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang ada dalam air. Titik tekan dipengaruhi oleh bentuk kapal di bawah permukaan air.
3. Titik M (*Metacentre*) adalah titik perpotongan vector gaya tekan ke atas pada saat kondisi kapal *even keel* dengan vektor gaya tekan ke atas pada saat kapal mengalami kemiringan pada sudut oleng yang kecil.



**Gambar 2.3** Titik-Titik Penentu Keseimbangan Awal Kapal.

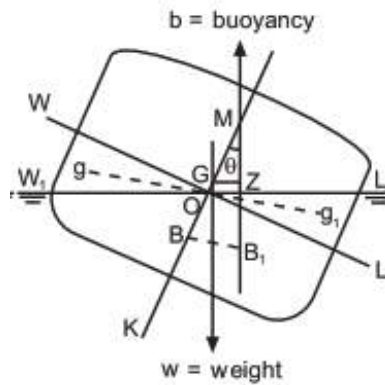
Trim adalah perbedaan antara *draft* depan pada haluan dan *draft* belakang pada buritan. Apabila muatan lebih berat di bagian depan disebut trim depan (*trim by bow*). Sedangkan bila muatan lebih berat di bagian belakang disebut trim belakang (*trim by stern*). Kemudian apabila berat muatan di bagian depan dan belakang sama atau *draft* depan dan belakang sama disebut *even keel*.

### 2.2.7 Keseimbangan Benda Mengapung

Menurut Teori Mekanika dan Dinamika Keseimbangan Statis, keseimbangan dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

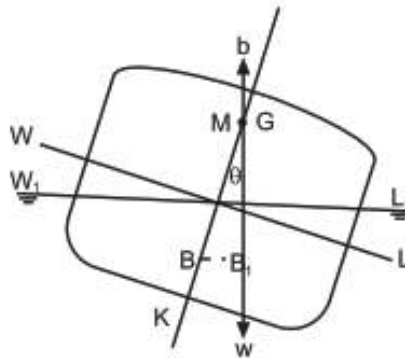
1. Keseimbangan stabil, jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, maka benda akan kembali pada kedudukan semula. Kondisi ini adalah pada saat titik pusat gravitasi (G) berada di bawah titik *metacentre*

(M) atau dapat dikatakan kapal memiliki *metacentre* positif dengan lengan penegak (GZ) positif sehingga mampu mengembalikan kapal ke posisi semula seperti pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Keseimbangan Stabil

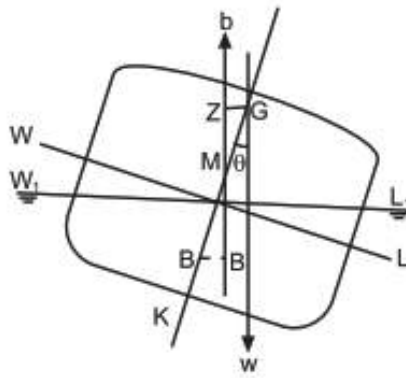
2. Keseimbangan netral, jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, maka kedudukan benda akan berubah lebih banyak/ bertambah kemiringannya dari kedudukan semula. Pada kondisi ini, posisi titik pusat gravitasi (G) berimpit dengan titik *metacentre* (M) di satu titik (*zero GM*) dan tidak dihasilkan lengan penegak (GZ) seperti pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Keseimbangan Netral

3. Keseimbangan tidak stabil, jika benda tetap pada kedudukannya yang baru, bagaimanapun benda tersebut berubah kedudukannya. Pada kondisi ini, posisi titik pusat gravitasi (G) lebih tinggi dari titik *metacentre* (M) atau kapal memiliki tinggi *metacentre* (GM) negatif dan lengan penegak (GZ) negatif seperti pada Gambar 2.6.

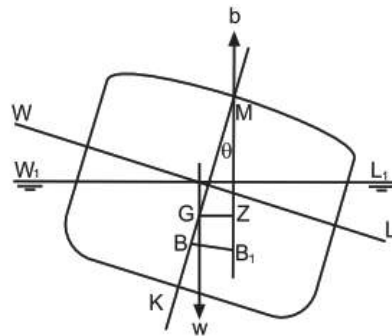




**Gambar 2.6** Keseimbangan Tidak Stabil

### 2.2.8 *Righting Moment (GZ)*

Momen Penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke posisi semula setelah mengalami kemiringan karena gaya dari luar dan gaya tersebut tidak bekerja lagi ditunjukkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Momen Penegak

$$\text{Momen stabilitas statis} = W \times GZ \quad (2.7)$$

$$\text{Dari segitiga stabilitas GZM diperoleh } GZ = GM \sin \theta \quad (2.8)$$

$$\text{Momen stabilitas statis} = W \times GM \times \sin \theta \quad (2.9)$$

### 2.2.9 **Stabilitas Dinamis**

Stabilitas dinamis pada sudut yang telah ditentukan adalah gaya yang bekerja pada olengan kapal yang dimana perubahan sudut olengnya sangat kecil dan pada *displacement* yang tetap.

$$\text{Stabilitas Dinamis} = \int_0^\theta W \times GZ \times d\theta \quad (2.10)$$

Dimana:

$W$  = displacement kapal (ton)

GZ = lengan pengembali

$\theta$  = sudut oleng kapal (derajat)

### 2.2.10 Parameter Stabilitas IMO

Parameter stabilitas yang digunakan sesuai dengan IMO A.749 "Intact Stability for All Types of Ships" adalah sebagai berikut:

1. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 30^\circ$  harus lebih dari 0.055 m.rad
2. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 40^\circ$  harus lebih dari 0.09 m.rad
3. Luasan di bawah kurva GZ antara sudut  $30^\circ < \theta < 40^\circ$  harus lebih dari 0.03 m.rad
4. Lengan GZ minimal pada sudut oleng  $30^\circ$  harus lebih dari 0.2 m
5. Sudut maksimum kurva GZ harus lebih dari  $15^\circ$
6. Tinggi metasentra awal (GM) harus lebih dari 0.15 m

### 2.2.11 Seakeeping

Berikut adalah kriteria *seakeeping* umum untuk kapal militer (Olson, 1978):

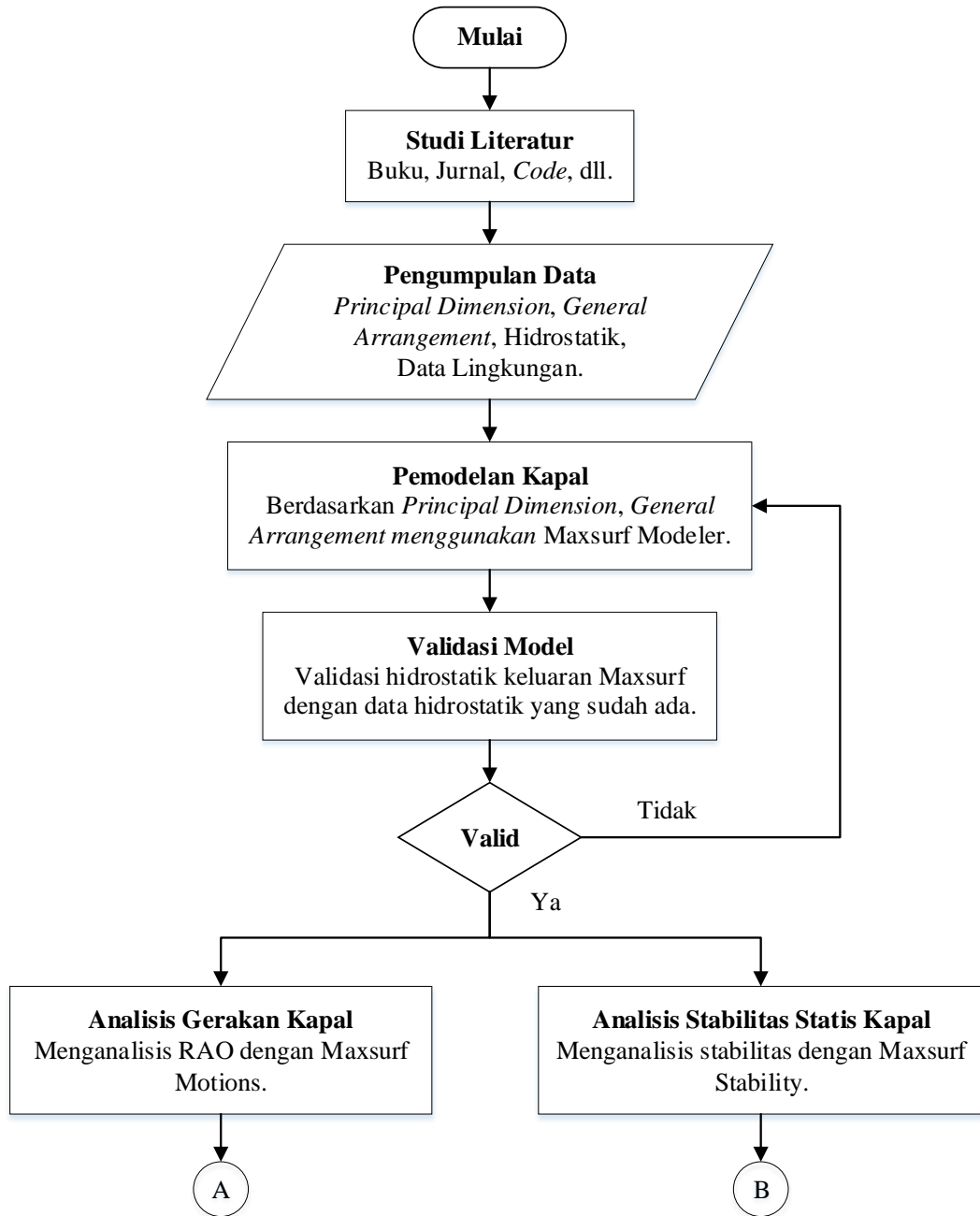
General Criteria:

1.  $12^\circ$  single amplitude average roll.
2.  $3^\circ$  single amplitude average pitch.
3. Significant heave acceleration  $\leq 0.4g$  (no people working on deck).
4. Significant heave acceleration  $\leq 0.2g$  (people working on deck).

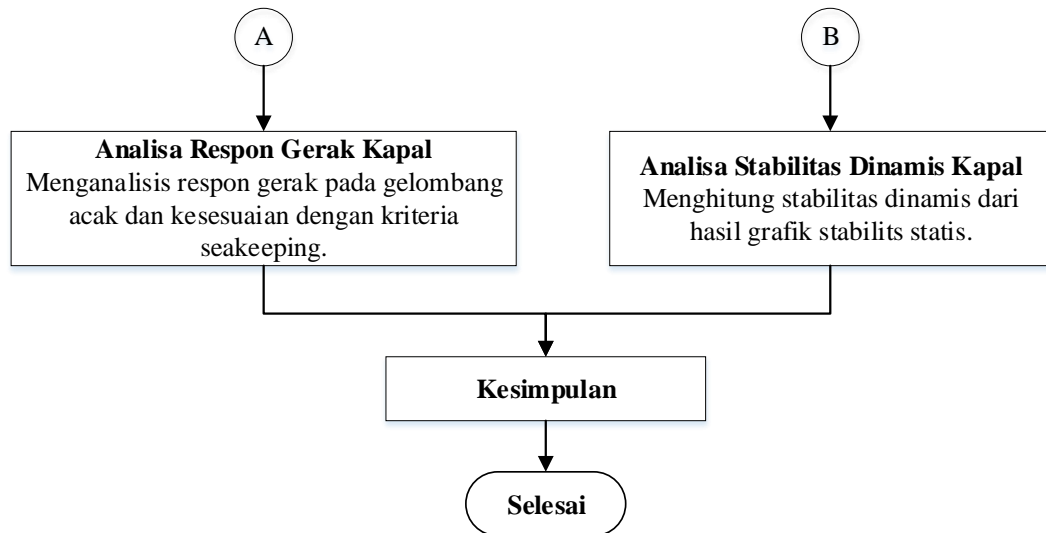
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dilakukan tersusun dalam diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut:



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.2** Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

### 3.2 Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alir di atas, dapat dijelaskan langkah-langkah dalam penelitian pada tugas akhir di bawah ini:

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur pada tugas akhir ini diambil dari buku, materi perkuliahan, jurnal, dan laporan tugas akhir terdahulu yang memiliki keterkaitan topik serupa untuk mencari dasar teori yang digunakan yang relevan dan dibutuhkan selama pengerjaan tugas akhir ini.

#### 2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk tugas akhir ini. Data-data yang diperlukan antara lain: *Principle Dimension*, *Lines Plan*, *General Arrangement* dan data hidrostatis KMP SMS Swakarya yang diperoleh dari PT. Dok dan Perkapalan Surabaya dan data gelombang.

#### 3. Pemodelan Kapal

Pemodelan KMP SMS Swakarya berdasarkan data *General Arrangement* dan *Principle Dimension* menggunakan *software* Maxsurf Modeler.

#### 4. Validasi Model

Validasi dilakukan dengan membandingkan data hidrostatik model dari Maxsurf Modeler dengan data hidrostatik yang telah ada. Jika validasi data tidak sesuai, maka model akan didesain ulang hingga mendekati data hidrostatik yang telah ada dengan batas faktor *error* tidak melebihi 5%.

#### 5. Analisis Karakteristik Gerakan Kapal

Analisis karakteristik gerakan kapal menggunakan *software* Maxsurf Motion. Model akan disimulasi untuk mendapatkan RAO pada gelombang regular, dan respon gerakan pada gelombang acak pada kondisi stasioner atau kecepatan 0 knot dengan variasi sudut arah datang gelombang, diantaranya 45°, 90°, dan 135°; variasi gerakan kapal diantaranya *Heave*, *Pitch* dan *Roll*. Kemudian skema kondisi yang digunakan untuk perhitungan RAO pada gelombang acak adalah kondisi *light load*, *full load*, dan *ballast*. Pemodelan gelombang acak menggunakan spektra Jonswap untuk mendapatkan prediksi besaran respon gerak kapal pada gelombang acak tersebut. Hasil respon gerak pada gelombang acak disesuaikan dengan kriteria seakeeping.

#### 6. Analisis Stabilitas KMP SMS Swakarya

Analisis stabilitas statis kapal menggunakan *software* Maxsurf Stability. Tangki dimodelkan terlebih dahulu sesuai dengan *general arrangement* KMP SMS Swakarya. Model disimulasi sesuai dengan kondisi pembebanan *light load*, *full load departure*, *full load arrival*, *ballast departure*, *ballast arrival* dan *full load departure* pergeseran muatan. Kemudian hasil simulasi dibandingkan dengan kriteria stabilitas IMO. Kurva stabilitas tiap-tiap kondisi pembebanan dari hasil simulasi digunakan untuk mencari nilai stabilitas dinamis kapal.

#### 7. Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil analisis yang telah didapatkan. Setelah itu, ditarik kesimpulan berdasarkan permasalahan dan tujuan dari penelitian tugas akhir ini.

### 3.3 Pengumpulan Data

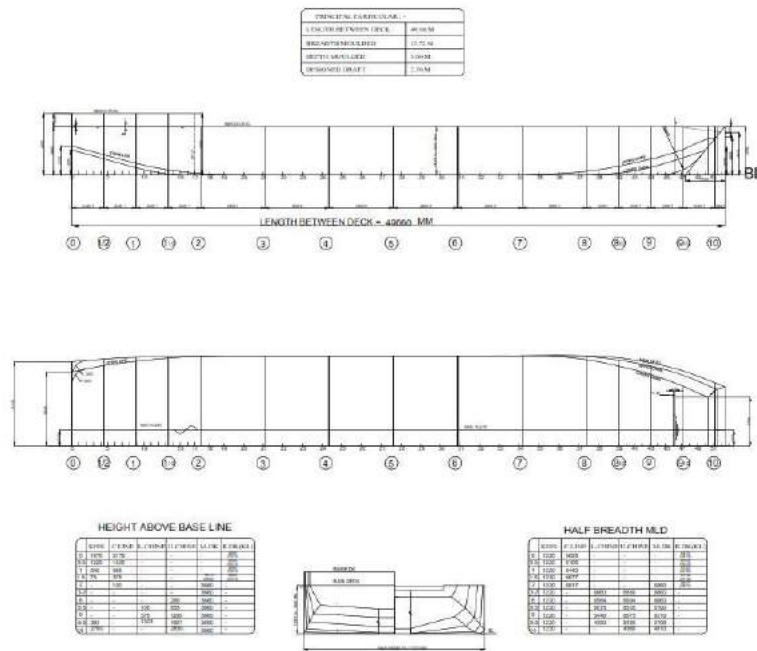
Data-data desain kapal KMP SMS Swakarya disajikan pada Tabel 3.1 dan 3.2 serta Gambar 3.3 dan 3.4 di bawah.

**Tabel 3.1** Ukuran Utama KMP SMS Swakarya

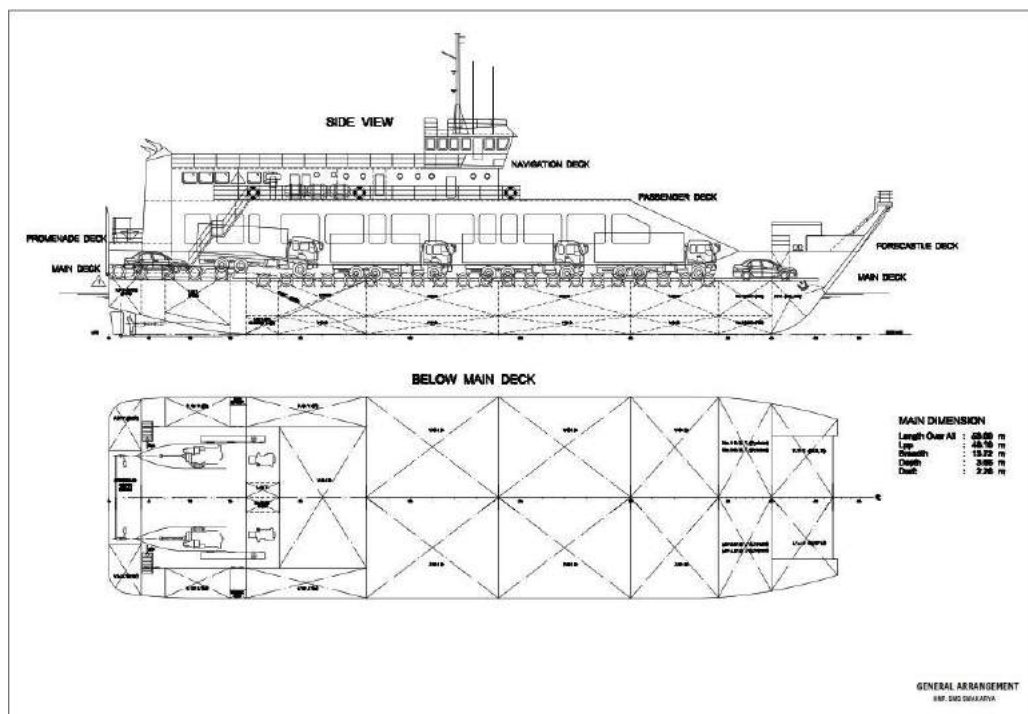
LOA	53 m
Lpp	48.1 m
B	13.72 m
H	3.66 m
T	2.76 m
VS	13 knot
LWT	696,899 Ton
Passenger capacity	128 persons
Car capacity	4 unit
Truck capacity	16 unit

**Tabel 3.2** Data Hidrostatik KMP SMS Swakarya

Parameter	Design	Units
Displacement	1647.41	t
Draft	2.75	m
Wetted Area	881.3	m <sup>2</sup>
Max sect. area	37.376	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	649.09	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0.87	
Block coeff. (Cb)	0.869	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.999	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.966	
LCB	-0.344	m from FP
LCF	-0.761	m from FP
KB	1.446	m
KMt	7.42	m
KML	77.74	m
Immersion (TPc)	6.653	tonne/cm
MTc	25.791	tonne.m



**Gambar 3.3** *Lines Plan* KMP SMS Swakarya  
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2017)



**Gambar 3.4** *General Arrangement* KMP SMS Swakarya  
(Sumber: PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2017)

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

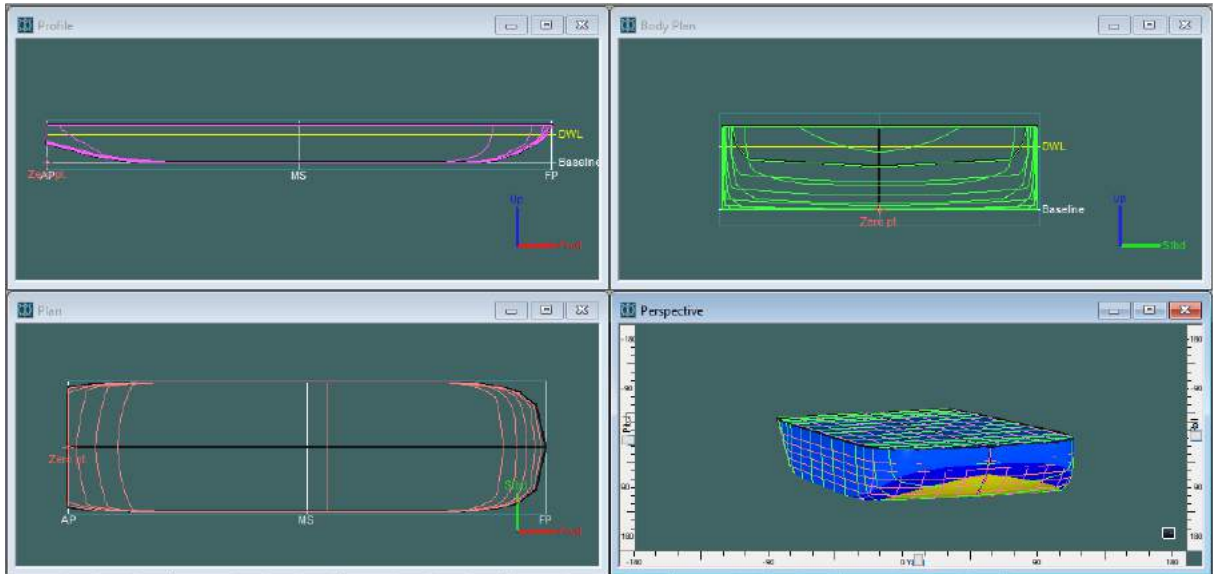


## BAB IV

### PEMBAHASAN

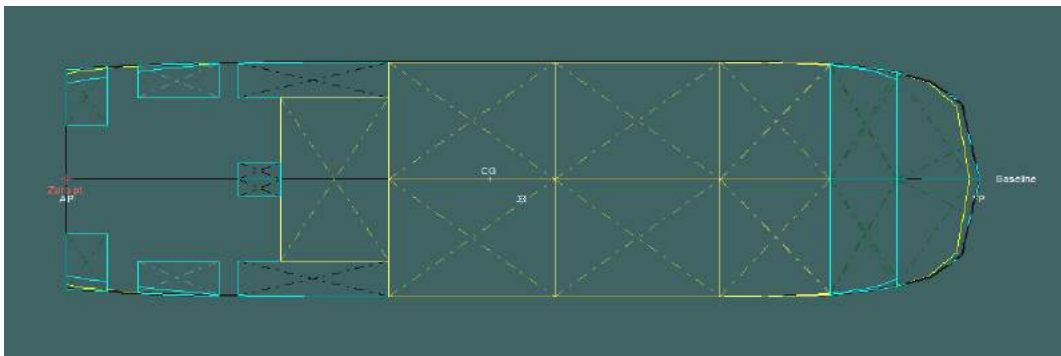
#### 4.1 Pemodelan Kapal

Pemodelan kapal menggunakan software Maxsurf Modeler berdasarkan *principal dimension* dan koordinat-koordinat yang didapat dari *general arrangement* KMP SMS Swakarya ditunjukkan pada Gambar 4.1.

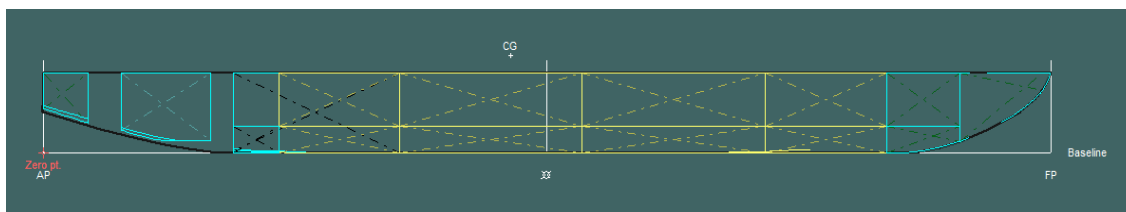


**Gambar 4.1** Pemodelan KMP SMS Swakarya

Pemodelan tangki digunakan untuk menganalisis stabilitas yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan 4.3. Pemodelan menggunakan Maxsurf Stability sesuai dengan *general arrangement* KMP SMS Swakarya. Tangki yang terdapat dalam KMP SMS Swakarya antara lain: *ballast tank*, *fuel tank*, *fresh water tank*, *lubricant oil tank* dan *sludge tank*. Selain itu terdapat ruang kosong (*void*) di bagian *midship*.



**Gambar 4.2** Pemodelan Tangki KMP SMS Swakarya Tampak Atas



**Gambar 4.3** Pemodelan Tangki KMP SMS Swakarya Tampak Samping

## 4.2 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk pendekatan model yang dibuat di Maxsurf Modeler pada kapal yang sudah ada dengan cara membandingkan data hidrostatik masing-masing. Data hidrostatik dari Maxsurf Modeler dengan data hidrostatik yang telah ada dengan batas error tidak melebihi 5%.

**Tabel 4.1** Validasi Data Hidrostatik

Parameter	Units	Booklet	Model	Koreksi
Displacement	t	1647.41	1645	-0.1%
Draft	m	2.75	2.75	0.0%
Wetted Area	m <sup>2</sup>	881.3	890.75	1.1%
Max sect. area	m <sup>2</sup>	37.376	37.730	0.9%
Waterpl. Area	m <sup>2</sup>	649.09	651.68	0.4%
Prismatic coeff. (Cp)		0.87	0.858	-1.4%
Block coeff. (Cb)		0.869	0.858	-1.3%
Max Sect. area coeff. (Cm)		0.999	1	0.1%
Waterpl. area coeff. (Cwp)		0.966	0.962	-0.4%
LCB	from zero pt. (+ve fwd) m	-0.344	-0.337	-2.0%
LCF	from zero pt. (+ve fwd) m	-0.761	-0.759	-0.3%
KB	m	1.456	1.453	-0.2%
KMt	m	7.42	7.553	1.8%
KML	m	77.74	78.808	1.4%

Dari Tabel 4.1 dapat disimpulkan model yang telah dibuat sudah valid dengan koreksi dibawah 5% dari data hidrostatik kapal.

## 4.3 Analisis Stabilitas Statis Kapal

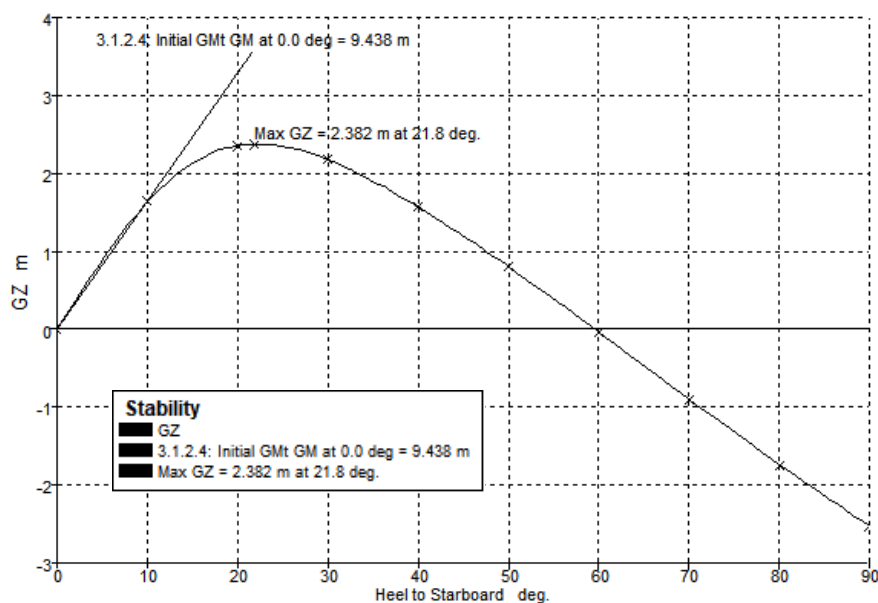
Analisis stabilitas statis menggunakan software Maxsurf Stability. Terdapat enam kondisi pembebanan yang akan ditinjau antara lain:

- Kondisi *Light Load*: kondisi *lightship* dengan 0% *tank capacity*.

- Kondisi *Full Load Departure*: kondisi *full storage* dengan 100% *consumable tank capacity*.
- Kondisi *Full Load Arrival*: kondisi *full storage* dengan 10% *consumable tank capacity*.
- Kondisi *Ballast Departure*: kondisi *lightship* dengan 100% *consumable tank capacity* dan 100% *ballast tank capacity*.
- Kondisi *Ballast Arrival*: kondisi *lightship* dengan 10% *consumable tank capacity* dan 100% *ballast tank capacity*.
- Kondisi *Full Load Departure* dengan adanya pergeseran muatan.

Hasil yang didapatkan dari analisis stabilitas dari Maxsurf Stability dijelaskan sebagai berikut:

- Kondisi *Light Load*



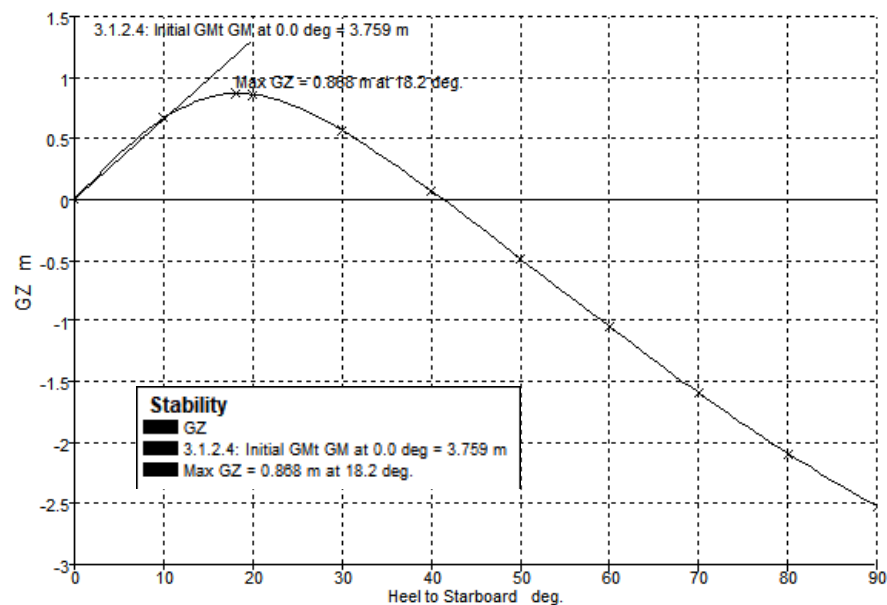
**Gambar 4.4** Kurva GZ Kondisi *Light Load*

Berikut adalah hasil stabilitas dari syarat yang diberikan oleh IMO untuk kondisi *Light Load* pada Gambar 4.4:

1. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 30^\circ$  harus lebih dari 3.151 m.deg. Hasil analisis adalah 52.7528 m.deg.
2. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 40^\circ$  harus lebih dari 5.156 m.deg. Hasil analisis adalah 71.6460 m.deg.

3. Luasan di bawah kurva GZ antara sudut  $30^0 < \theta < 40^0$  harus lebih dari 1.718 m.deg. Hasil analisis adalah 18.8932 m.deg.
4. Lengan GZ minimal pada sudut oleng  $30^0$  harus lebih dari 0.2 m. Hasil analisis adalah 2.172 m.
5. Sudut maksimum kurva GZ harus lebih dari  $15^0$ . Hasil analisis adalah 21.8 deg.
6. Tinggi metasentra awal (GM) harus lebih dari 0.15 m. Hasil analisis adalah 9.438 m.

- Kondisi *Full Load Departure*



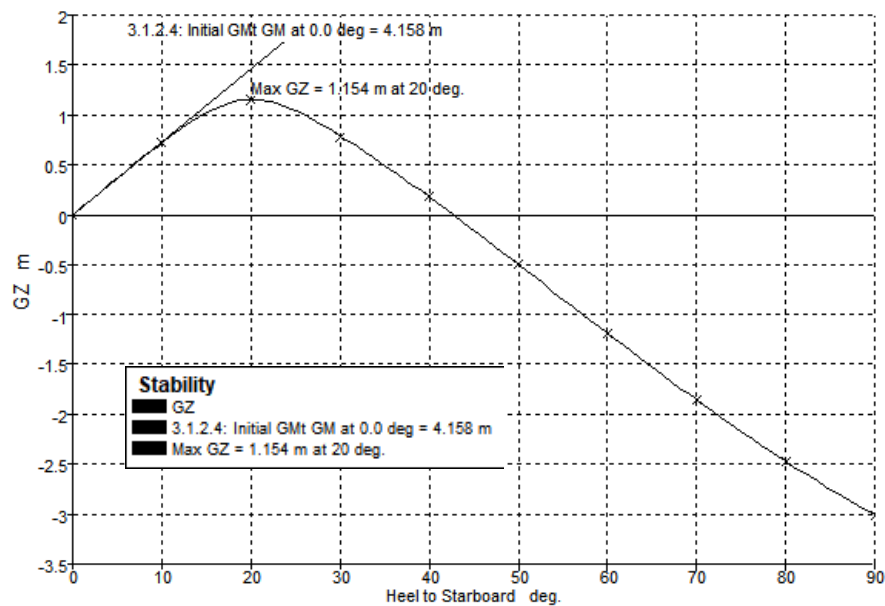
**Gambar 4.5** Kurva GZ Kondisi *Full Load Departure*

Berikut adalah hasil stabilitas dari syarat yang diberikan oleh IMO untuk kondisi *Full Load Departure* pada Gambar 4.5:

1. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 30^0$  harus lebih dari 3.151 m.deg. Hasil analisis adalah 19.0747 m.deg.
2. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 40^0$  harus lebih dari 5.156 m.deg. Hasil analisis adalah 22.3218 m.deg.
3. Luasan di bawah kurva GZ antara sudut  $30^0 < \theta < 40^0$  harus lebih dari 1.718 m.deg. Hasil analisis adalah 3.2470 m.deg.

4. Lengan GZ minimal pada sudut oleng  $30^0$  harus lebih dari 0.2 m. Hasil analisis adalah 0.565 m.
5. Sudut maksimum kurva GZ harus lebih dari  $15^0$ . Hasil analisis adalah  $18.2^0$  deg.
6. Tinggi metasentra awal (GM) harus lebih dari 0.15 m. Hasil analisis adalah 3.759 m.

- Kondisi *Full Load Arrival*



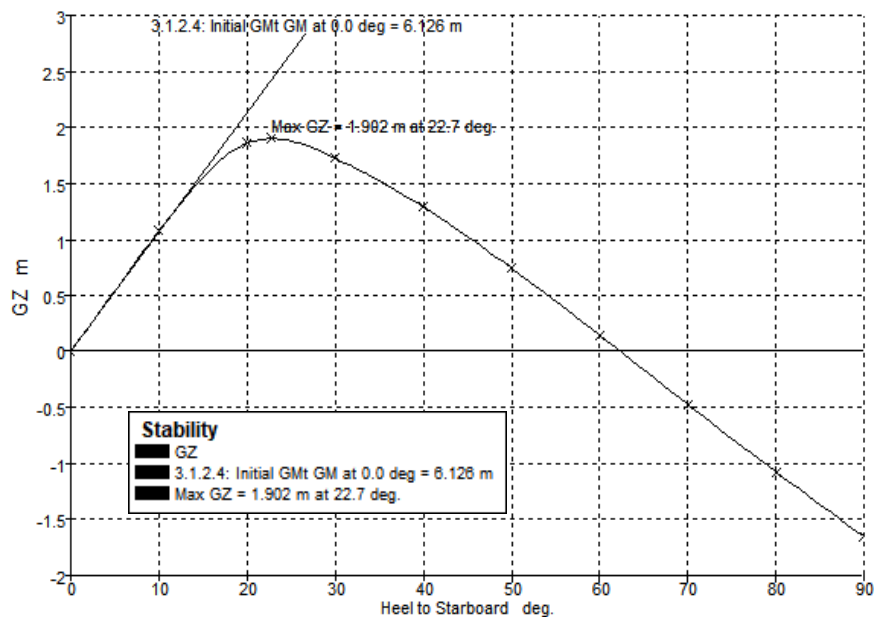
**Gambar 4.6** Kurva GZ Kondisi *Full Load Arrival*

Berikut adalah hasil stabilitas dari syarat yang diberikan oleh IMO untuk kondisi *Full Load Arrival* pada Gambar 4.6:

1. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 30^0$  harus lebih dari 3.151 m.deg. Hasil analisis adalah 23.8187 m.deg.
2. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 40^0$  harus lebih dari 5.156 m.deg. Hasil analisis adalah 28.7257 m.deg.
3. Luasan di bawah kurva GZ antara sudut  $30^0 < \theta < 40^0$  harus lebih dari 1.718 m.deg. Hasil analisis adalah 4.907 m.deg.
4. Lengan GZ minimal pada sudut oleng  $30^0$  harus lebih dari 0.2 m. Hasil analisis adalah 0.789 m.

5. Sudut maksimum kurva GZ harus lebih dari  $15^0$ . Hasil analisis adalah 20 deg.
6. Tinggi metasentra awal (GM) harus lebih dari 0.15 m. Hasil analisis adalah 4.158 m.

- Kondisi *Ballast Departure*



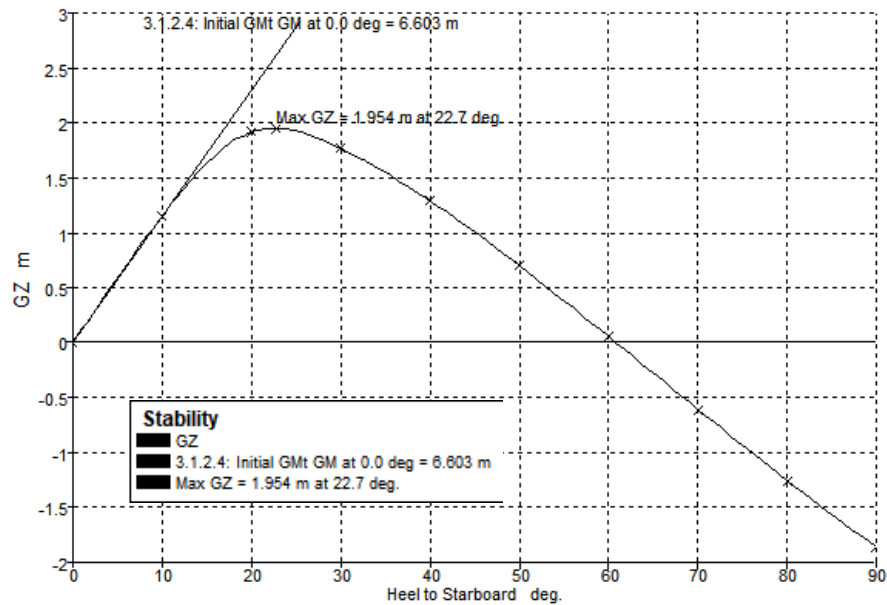
**Gambar 4.7** Kurva GZ Kondisi *Ballast Departure*

Berikut adalah hasil stabilitas dari syarat yang diberikan oleh IMO untuk kondisi *Ballast Departure* pada Gambar 4.7:

1. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 30^0$  harus lebih dari 3.151 m.deg. Hasil analisis adalah 39.2038 m.deg.
2. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 40^0$  harus lebih dari 5.156 m.deg. Hasil analisis adalah 54.3664 m.deg.
3. Luasan di bawah kurva GZ antara sudut  $30^0 < \theta < 40^0$  harus lebih dari 1.718 m.deg. Hasil analisis adalah 15.1626 m.deg.
4. Lengan GZ minimal pada sudut oleng  $30^0$  harus lebih dari 0.2 m. Hasil analisis adalah 1.724 m.
5. Sudut maksimum kurva GZ harus lebih dari  $15^0$ . Hasil analisis adalah 22.7 deg.

6. Tinggi metasentra awal (GM) harus lebih dari 0.15 m. Hasil analisis adalah 6.126 m.

- Kondisi *Ballast Arrival*

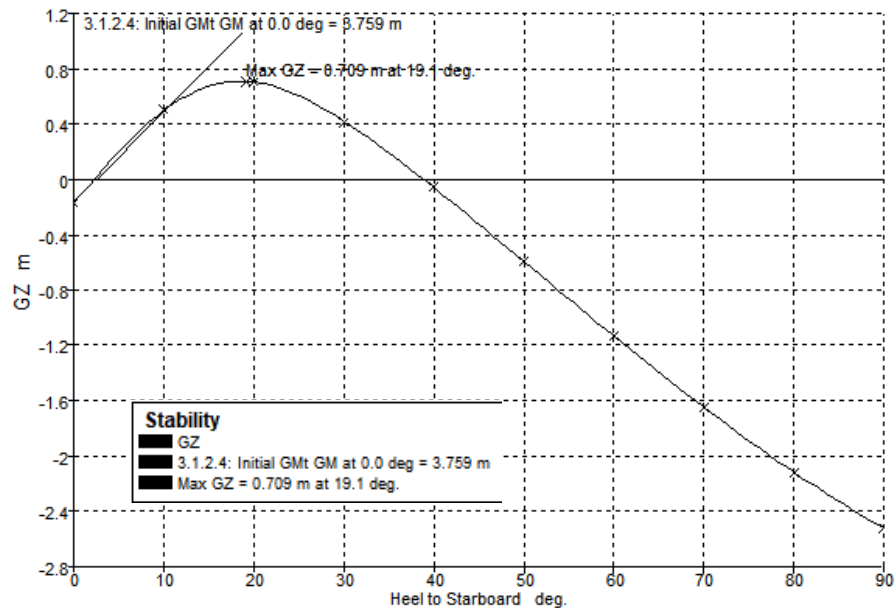


**Gambar 4.8** Kurva GZ Kondisi *Ballast Arrival*

Berikut adalah hasil stabilitas dari syarat yang diberikan oleh IMO untuk kondisi *Ballast Arrival* pada Gambar 4.8:

1. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 30^\circ$  harus lebih dari 3.151 m.deg. Hasil analisis adalah 40.8818 m.deg.
2. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 40^\circ$  harus lebih dari 5.156 m.deg. Hasil analisis adalah 56.2730 m.deg.
3. Luasan di bawah kurva GZ antara sudut  $30^\circ < \theta < 40^\circ$  harus lebih dari 1.718 m.deg. Hasil analisis adalah 15.3912 m.deg.
4. Lengan GZ minimal pada sudut oleng  $30^\circ$  harus lebih dari 0.2 m. Hasil analisis adalah 1.765 m.
5. Sudut maksimum kurva GZ harus lebih dari  $15^\circ$ . Hasil analisis adalah 22.7 deg.
6. Tinggi metasentra awal (GM) harus lebih dari 0.15 m. Hasil analisis adalah 6.603 m.

- Kondisi *Full Load Departure* dengan pergeseran muatan



**Gambar 4.9** Kurva GZ Kondisi *Full Load Departure* dengan pergeseran muatan

Berikut adalah hasil stabilitas dari syarat yang diberikan oleh IMO untuk kondisi *Full Load Departure* dengan pergeseran muatan pada Gambar 4.9:

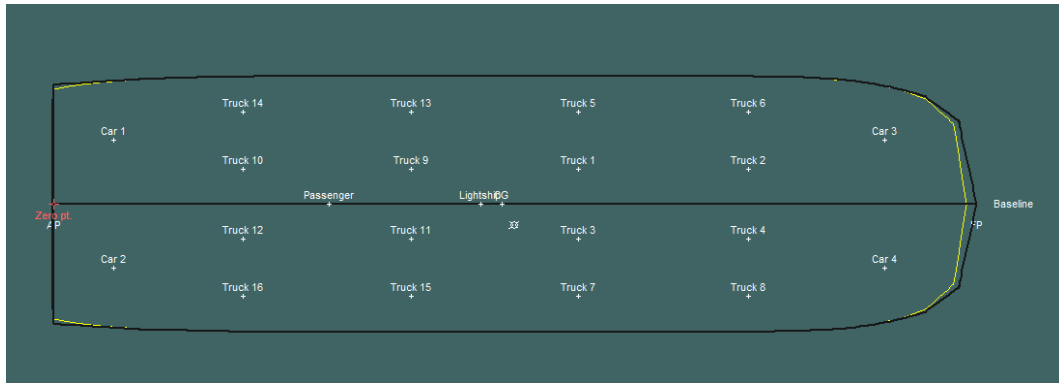
1. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 30^\circ$  harus lebih dari 3.151 m.deg. Hasil analisis adalah 14.2997 m.deg.
2. Luasan di bawah kurva GZ sampai dengan sudut oleng  $\theta = 40^\circ$  harus lebih dari 5.156 m.deg. Hasil analisis adalah 16.2172 m.deg.
3. Luasan di bawah kurva GZ antara sudut  $30^\circ < \theta < 40^\circ$  harus lebih dari 1.718 m.deg. Hasil analisis adalah 1.9174 m.deg.
4. Lengan GZ minimal pada sudut oleng  $30^\circ$  harus lebih dari 0.2 m. Hasil analisis adalah 0.421 m.
5. Sudut maksimum kurva GZ harus lebih dari  $15^\circ$ . Hasil analisis adalah 19.1 deg.
6. Tinggi metasentra awal (GM) harus lebih dari 0.15 m. Hasil analisis adalah 3.759 m.

Skenario untuk kondisi pergeseran muatan yaitu menggeser dua deret muatan truk yang terletak pada sisi *port* kapal sejauh 1.2 m ke arah *starboard* kapal

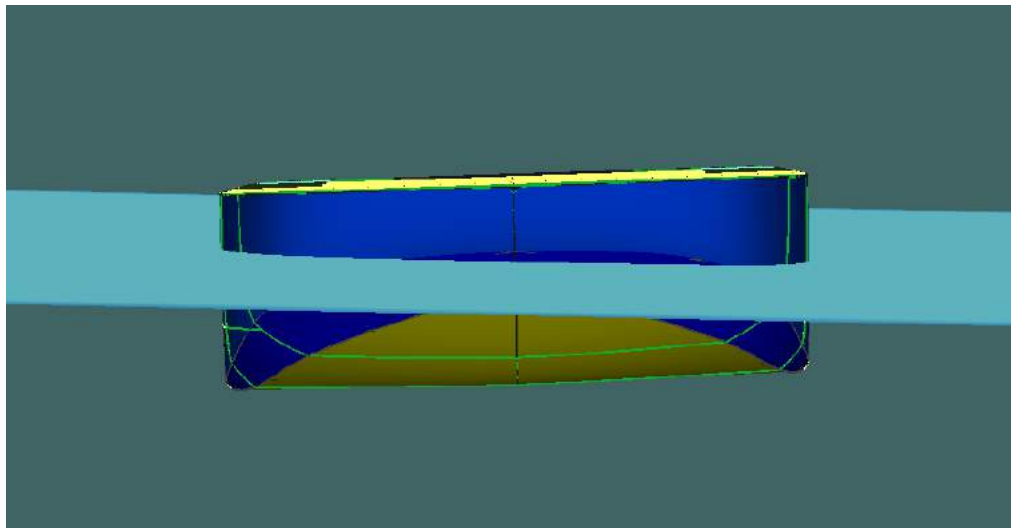




ditunjukkan pada Gambar 4.10. Sehingga posisi kapal mengalami kemiringan sebesar  $2.5^\circ$  seperti pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.10** Skenario Pergeseran Muatan



**Gambar 4.11** Kemiringan kapal setelah Pergeseran Muatan

**Tabel 4.2** Hasil Analisis Stabilitas Statis

Kriteria	Unit	IMO	Kondisi											
			Light Load	Check	Full Load Departure	Check	Full Load Arrival	Check	Ballast Departure	Check	Ballast Arrival	Check	Cargo Shift	Check
Luasan $0^\circ - 30^\circ$	m.deg	>3.151	52.753	Pass	19.075	Pass	23.819	Pass	39.204	Pass	40.882	Pass	14.300	Pass
Luasan $0^\circ - 40^\circ$	m.deg	>5.156	71.646	Pass	22.322	Pass	28.726	Pass	54.366	Pass	56.273	Pass	16.217	Pass
Luasan $30^\circ - 40^\circ$	m.deg	>1.718	18.893	Pass	3.247	Pass	4.907	Pass	15.163	Pass	15.391	Pass	1.917	Pass
Lengan GZ minimal pada sudut $30^\circ$	m	>0.2	2.172	Pass	0.565	Pass	0.789	Pass	1.724	Pass	1.765	Pass	0.421	Pass
Sudut maksimum kurva GZ	deg	>15 <sup>0</sup>	21.8	Pass	18.2	Pass	20	Pass	22.7	Pass	22.7	Pass	19.1	Pass
Tinggi GM awal	m	>0.15	9.438	Pass	3.759	Pass	4.158	Pass	6.126	Pass	6.603	Pass	3.759	Pass
Sudut <i>steady heel</i> akibat beban angin	deg	<16 <sup>0</sup>	0.8	Pass	0.7	Pass	1	Pass	0.7	Pass	0.8	Pass	3	Pass

Pada perbandingan hasil stabilitas dengan ketentuan IMO pada Tabel 4.2, tampak luasan kurva semakin besar ketika muatan semakin kecil. Hal ini terjadi karena besar nilai lengan pengembali (GZ) semakin besar. Nilai lengan pengembali itu sendiri sebanding dengan tinggi *metacentre*. Karena nilai tinggi *metacentre* (GM) semakin tinggi, maka nilai GZ juga semakin tinggi. Hal ini menyebabkan luas kurva yang semakin membesar.

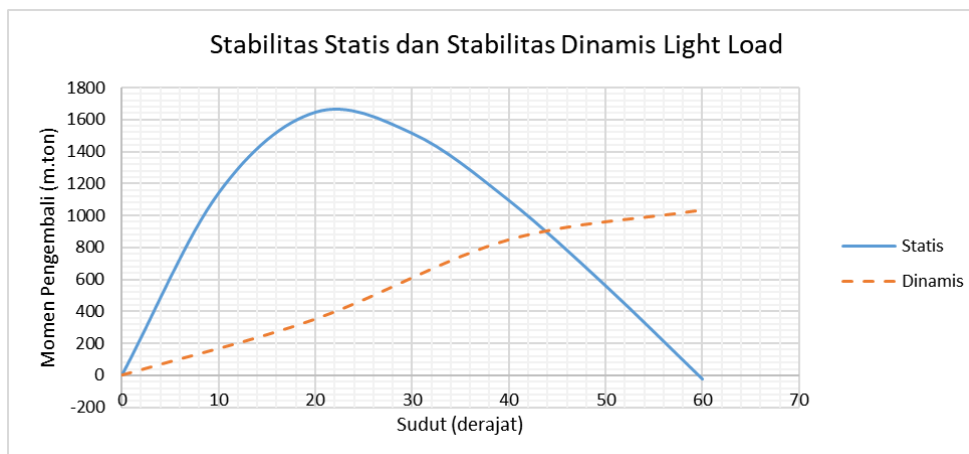
#### 4.4 Analisis Stabilitas Dinamis

Setelah diketahui nilai dari lengan pengembali pada masing-masing sudut oleng, maka nilai stabilitas dinamis dapat diketahui.

**Tabel 4.3** Hasil Analisis Stabilitas Dinamis

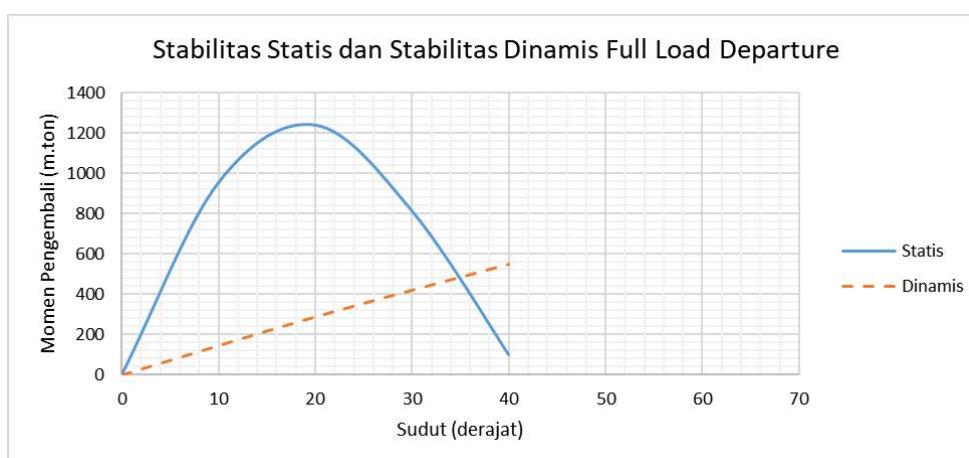
Kondisi Muatan	Stabilitas Dinamis (m.ton)
<i>Light Load</i>	1037.309
<i>Full Load Departure</i>	547.247
<i>Full Load Arrival</i>	598.856
<i>Ballast Departure</i>	1291.667
<i>Ballast Arrival</i>	1170.364
Pergeseran Muatan	359.638

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.3, tampak stabilitas dinamis semakin kecil ketika muatan semakin besar. Hal ini terjadi karena ketika muatan berada diatas *main deck* yang mengakibatkan tinggi *metacentre* kecil. Besar dari stabilitas dinamis merupakan besar dari gaya yang bekerja ketika kapal bergerak oleng, dimana keolengan bergerak dengan perubahan sudut yang sedikit namun dengan *displacement* yang konstan. Besaran stabilitas dinamis sangat dipengaruhi oleh momen pengembali. Karena stabilitas dinamis merupakan integral dari momen pengembali.



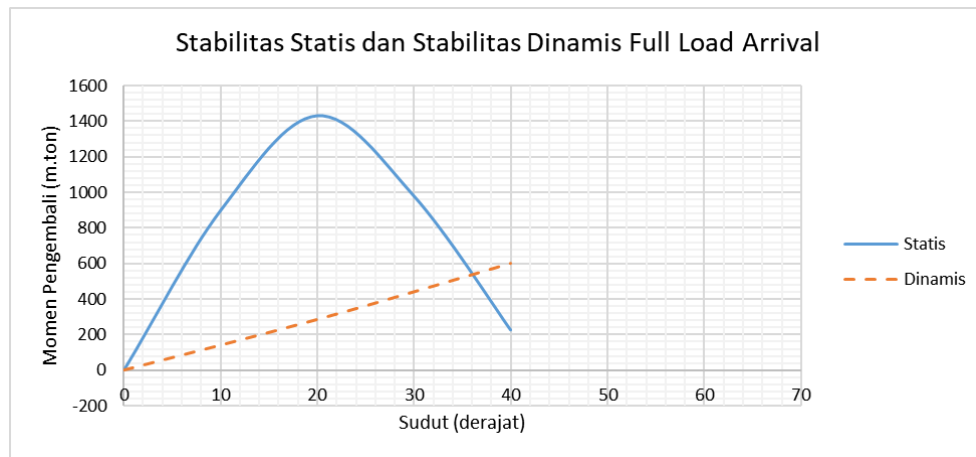
**Gambar 4.12** Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis Light Load

Gambar 4.12 menunjukkan perubahan momen pengembali pada sudut keolengan tertentu dan menunjukkan grafik perubahan stabilitas dinamis. Momen pengembali berada pada puncaknya ketika sudut  $21.8^\circ$ . Karena pada sudut tersebut, panjang lengan pengembali (GZ) berada pada kondisi maksimal. Sehingga nilai momen pengembalnya juga tentu besar. Kemudian momen pengembali kembali turun karena lengan pengembali juga semakin kecil, hingga pada sudut keolengan  $60^\circ$  mencapai nilai negatif. Stabilitas dinamis sangat bergantung pada besarnya momen pengembali. Nilai stabilitas dinamis terbesar berada pada sudut  $60^\circ$ . Namun nilai stabilitas dinamis tersebut bukan merupakan nilai maksimum. Hal ini terjadi karena nilai momen pengembali yang mulai negatif. Sehingga membuat stabilitas dinamis berkurang nilainya.



**Gambar 4.13** Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis *Full Load Departure*

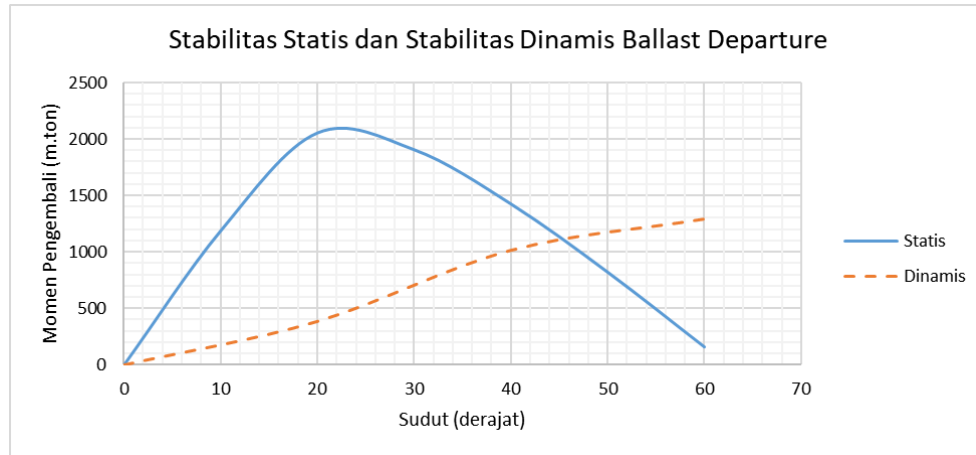
Gambar 4.13 menunjukkan perubahan momen pengembali pada sudut keolengan tertentu dan menunjukkan grafik perubahan stabilitas dinamis. Momen pengembali berada pada puncaknya ketika sudut  $18.2^\circ$ . Karena pada sudut tersebut, panjang lengan pengembali (GZ) berada pada kondisi maksimal. Sehingga nilai momen pengembalinya juga tentu besar. Kemudian momen pengembali kembali turun karena lengan pengembali juga semakin kecil, hingga pada sudut keolengan  $40^\circ$  hampir mencapai nilai 0. Stabilitas dinamis sangat bergantung pada besarnya momen pengembali. Nilai stabilitas dinamis terbesar berada pada sudut  $40^\circ$ . Namun nilai stabilitas dinamis tersebut bukan merupakan nilai maksimum. Hal ini terjadi karena nilai momen pengembali belum mencapai nilai 0. Sehingga membuat stabilitas dinamis berkurang nilainya.



**Gambar 4.14** Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis *Full Load Arrival*

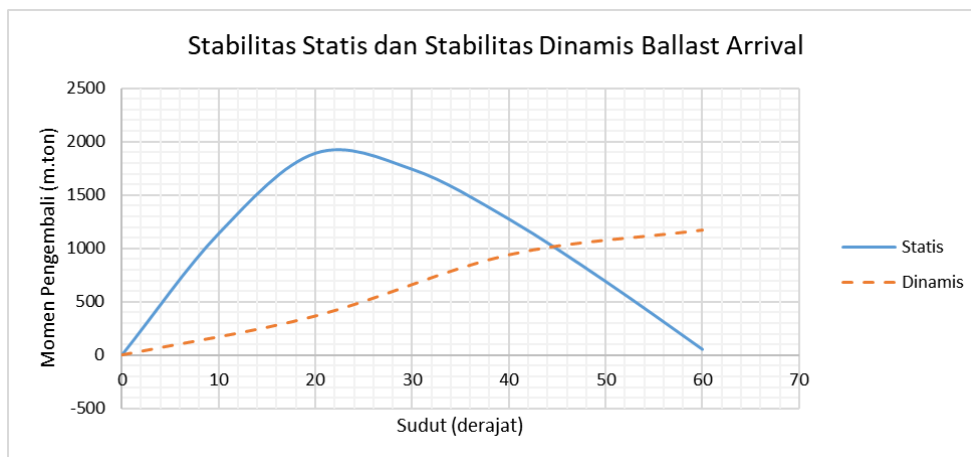
Gambar 4.14 menunjukkan perubahan momen pengembali pada sudut keolengan tertentu dan menunjukkan grafik perubahan stabilitas dinamis. Momen pengembali berada pada puncaknya ketika sudut  $20^\circ$ . Karena pada sudut tersebut, panjang lengan pengembali (GZ) berada pada kondisi maksimal. Sehingga nilai momen pengembalinya juga tentu besar. Kemudian momen pengembali kembali turun karena lengan pengembali juga semakin kecil, hingga pada sudut keolengan  $40^\circ$  hampir mencapai nilai 0. Stabilitas dinamis sangat bergantung pada besarnya momen pengembali. Nilai stabilitas dinamis terbesar berada pada sudut  $40^\circ$ . Namun nilai stabilitas dinamis tersebut bukan merupakan nilai maksimum. Hal ini

terjadi karena nilai momen pengembali belum mencapai nilai 0. Sehingga membuat stabilitas dinamis berkurang nilainya.



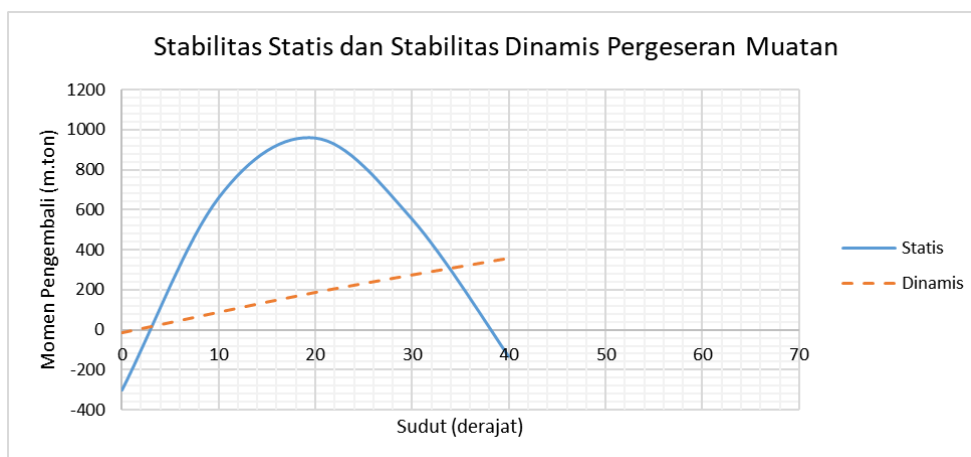
**Gambar 4.15** Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis *Ballast Departure*

Gambar 4.15 menunjukkan perubahan momen pengembali pada sudut keolengan tertentu dan menunjukkan grafik perubahan stabilitas dinamis. Momen pengembali berada pada puncaknya ketika sudut  $22.7^{\circ}$ . Karena pada sudut tersebut, panjang lengan pengembali (GZ) berada pada kondisi maksimal. Sehingga nilai momen pengembalnya juga tentu besar. Kemudian momen pengembali kembali turun karena lengan pengembali juga semakin kecil, hingga pada sudut keolengan  $60^{\circ}$  hampir mencapai nilai 0. Stabilitas dinamis sangat bergantung pada besarnya momen pengembali. Nilai stabilitas dinamis terbesar berada pada sudut  $60^{\circ}$ . Namun nilai stabilitas dinamis tersebut bukan merupakan nilai maksimum. Hal ini terjadi karena nilai momen pengembali belum mencapai nilai 0. Sehingga membuat stabilitas dinamis berkurang nilainya.



**Gambar 4.16** Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis *Ballast Arrival*

Gambar 4.16 menunjukkan perubahan momen pengembali pada sudut keolengan tertentu dan menunjukkan grafik perubahan stabilitas dinamis. Momen pengembali berada pada puncaknya ketika sudut  $22.7^\circ$ . Karena pada sudut tersebut, panjang lengan pengembali (GZ) berada pada kondisi maksimal. Sehingga nilai momen pengembalnya juga tentu besar. Kemudian momen pengembali kembali turun karena lengan pengembali juga semakin kecil, hingga pada sudut keolengan  $60^\circ$  hampir mencapai nilai 0. Stabilitas dinamis sangat bergantung pada besarnya momen pengembali. Nilai stabilitas dinamis terbesar berada pada sudut  $60^\circ$ . Namun nilai stabilitas dinamis tersebut bukan merupakan nilai maksimum. Hal ini terjadi karena nilai momen pengembali belum mencapai nilai 0. Sehingga membuat stabilitas dinamis berkurang nilainya.

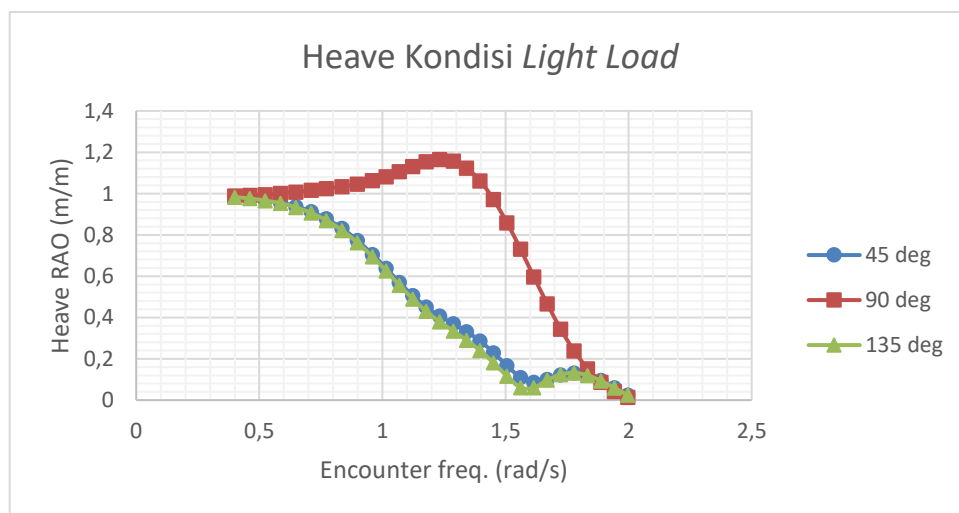


**Gambar 4.17** Grafik Stabilitas Statis dan Stabilitas Dinamis Pergeseran Muatan

Gambar 4.17 menunjukkan perubahan momen pengembali pada sudut keolengan tertentu dan menunjukkan grafik perubahan stabilitas dinamis. Momen pengembali berada pada puncaknya ketika sudut  $19.1^\circ$ . Karena pada sudut tersebut, panjang lengan pengembali (GZ) berada pada kondisi maksimal. Sehingga nilai momen pengembalnya juga tentu besar. Kemudian momen pengembali kembali turun karena lengan pengembali juga semakin kecil, hingga pada sudut keolengan  $40^\circ$  mencapai nilai negatif. Stabilitas dinamis sangat bergantung pada besarnya momen pengembali. Nilai stabilitas dinamis terbesar berada pada sudut  $40^\circ$ . Namun nilai stabilitas dinamis tersebut bukan merupakan nilai maksimum. Hal ini terjadi karena nilai momen pengembali yang mulai negatif. Sehingga membuat stabilitas dinamis berkurang nilainya.

#### 4.5 Analisis Gerakan Kapal

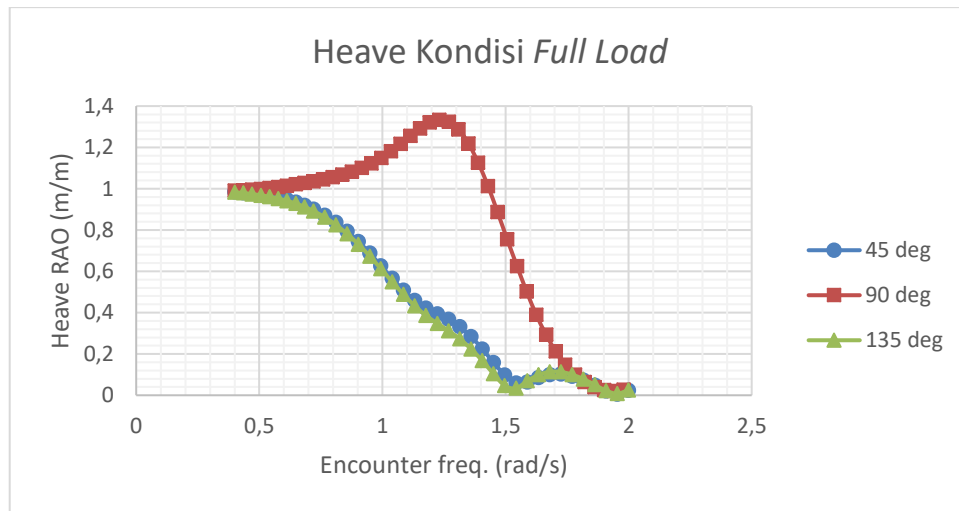
Pada bagian ini akan disampaikan mengenai RAO kapal KMP SMS Swakarya pada kecepatan 0 knot dengan berbagai kondisi, yaitu pada kondisi *Light Load*, *Full Load* dan *Ballast*. Hasil dari simulasi Maxsurf Motion yang menyajikan amplitudo gerakan kapal disajikan dalam grafik.



**Gambar 4.18** Grafik RAO Heave kondisi *Light Load*

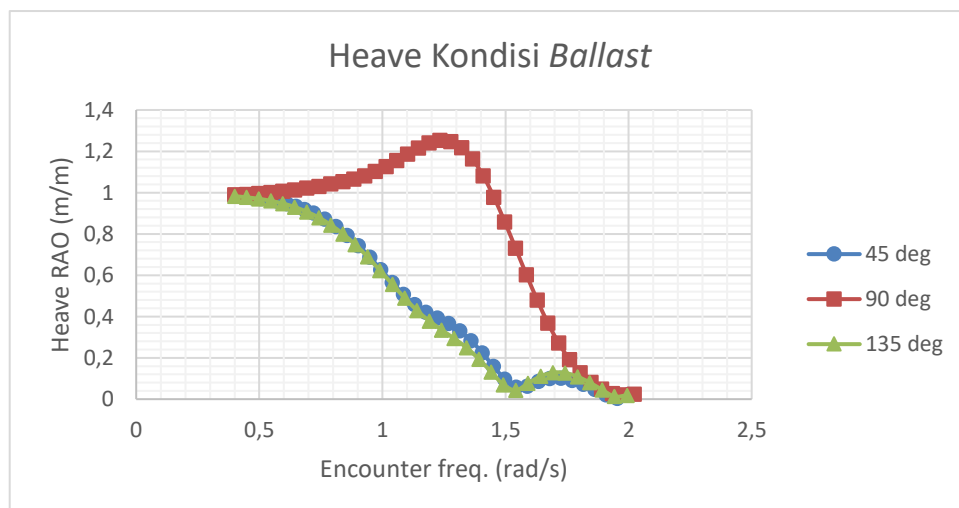
Berdasarkan Gambar 4.18, dapat diketahui bahwa RAO gerakan *heaving* kondisi *light load* dengan variasi sudut gelombang  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$  didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *beam sea* (sudut datang gelombang

sebesar  $90^\circ$ ) pada *encountering wave frequency* 1.233 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 1.165 m/m.



**Gambar 4.19** Grafik RAO Heave kondisi *Full Load*

Berdasarkan Gambar 4.19, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *heaving* kondisi *full load* dengan variasi sudut gelombang  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$  didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *beam sea* (sudut datang gelombang sebesar  $90^\circ$ ) pada *encountering wave frequency* 1.232 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 1.333 m/m.

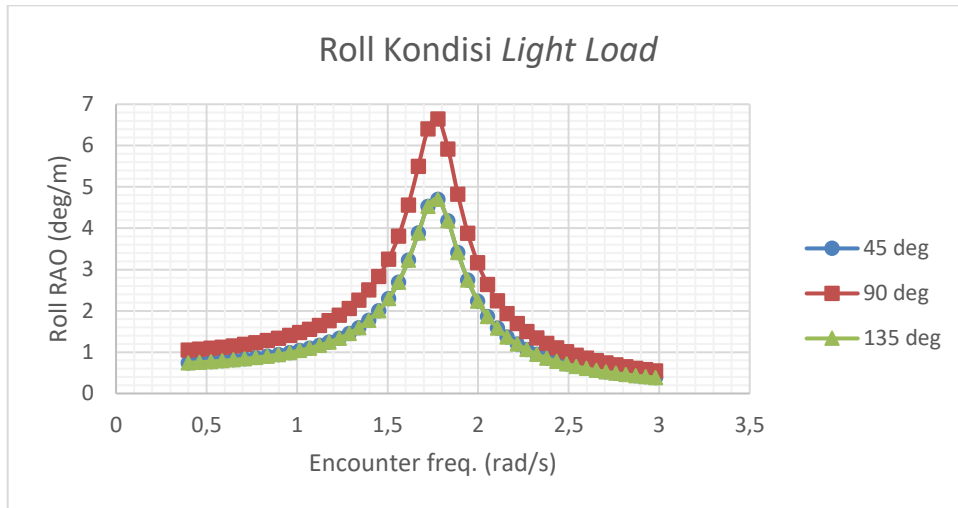


**Gambar 4.20** Grafik RAO Heave kondisi *Ballast*

Berdasarkan Gambar 4.20, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *heaving* kondisi *ballast* dengan variasi sudut gelombang  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$  didapatkan nilai

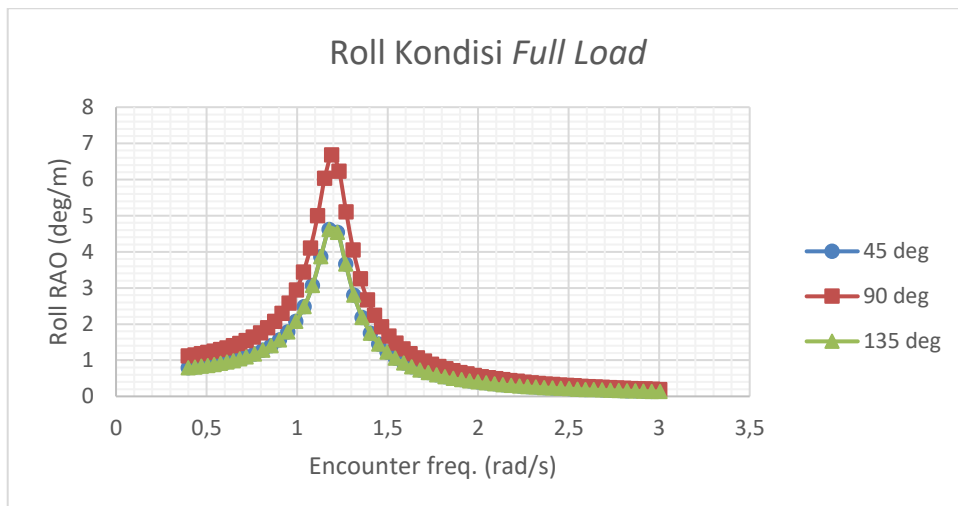


tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *beam sea* (sudut datang gelombang sebesar  $90^\circ$ ) pada *encountering wave frequency* 1.234 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 1.253 m/m.



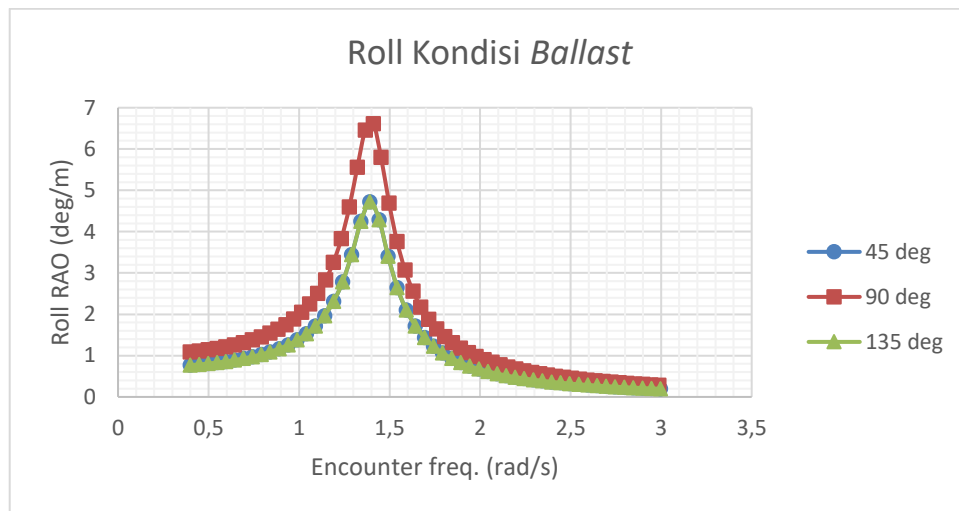
**Gambar 4.21** Grafik RAO Roll kondisi *Light Load*

Berdasarkan Gambar 4.21, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *rolling* kondisi *light load* dengan variasi sudut gelombang  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$  didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *beam sea* (sudut datang gelombang sebesar  $90^\circ$ ) pada *encountering wave frequency* 1.779 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 6.647 deg/m.



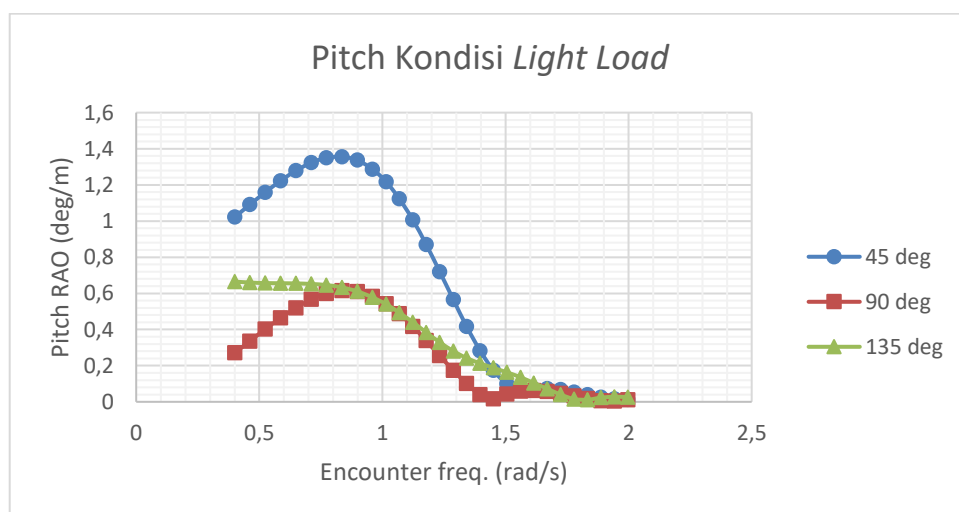
**Gambar 4.22** Grafik RAO Roll kondisi *Full Load*

Berdasarkan Gambar 4.22, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *rolling* kondisi *full load* dengan variasi sudut gelombang 45°, 90° dan 135° didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *beam sea* (sudut datang gelombang sebesar 90°) pada *encountering wave frequency* 1.192 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 6.677 deg/m.



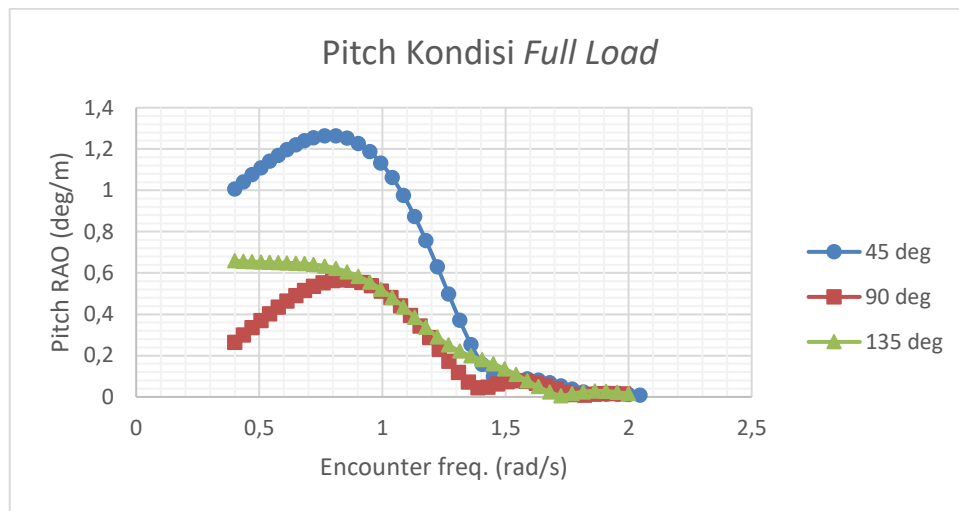
**Gambar 4.23** Grafik RAO Roll kondisi *Ballast*

Berdasarkan Gambar 4.23, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *rolling* kondisi *light load* dengan variasi sudut gelombang 45°, 90° dan 135° didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *beam sea* (sudut datang gelombang sebesar 90°) pada *encountering wave frequency* 1.41 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 6.614 deg/m.



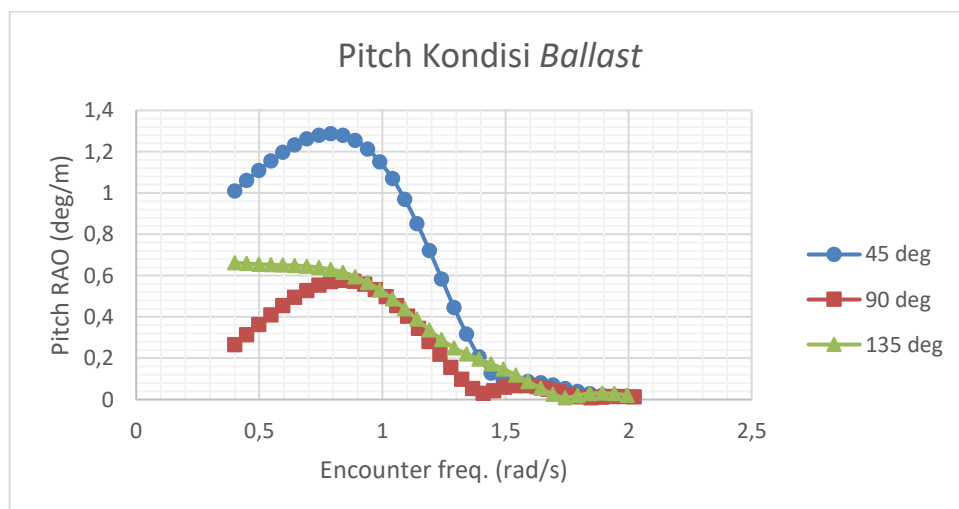
**Gambar 4.24** Grafik RAO Pitch kondisi *Light Load*

Berdasarkan Gambar 4.24, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *pitching* kondisi *light load* dengan variasi sudut gelombang 45°, 90° dan 135° didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *bow quartering sea* (sudut datang gelombang sebesar 45°) pada *encountering wave frequency* 0.836 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 1.356 deg/m.



**Gambar 4.25** Grafik RAO *Pitch* kondisi *Full Load*

Berdasarkan Gambar 4.25, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *pitching* kondisi *full load* dengan variasi sudut gelombang 45°, 90° dan 135° didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *bow quartering sea* (sudut datang gelombang sebesar 45°) pada *encountering wave frequency* 0.766 rad/s dengan nilai *transfer function* mencapai 1.264 deg/m.



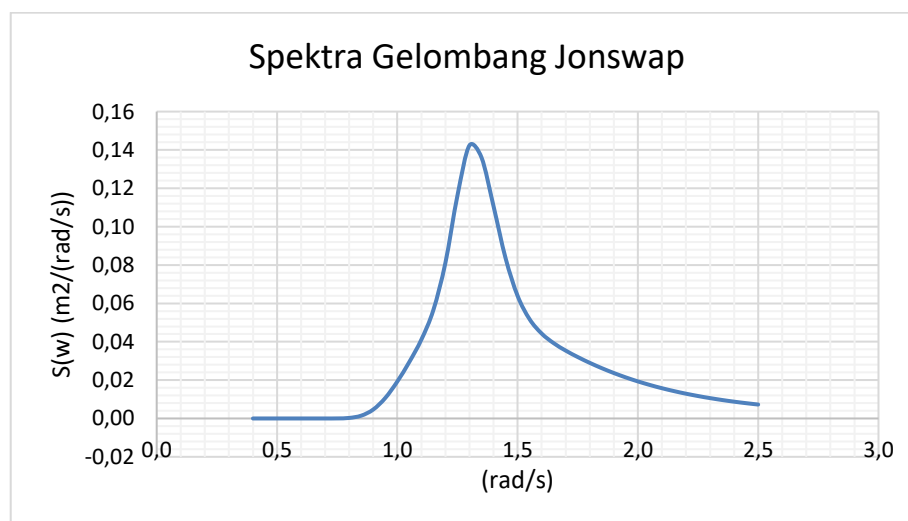
**Gambar 4.26** Grafik RAO *Pitch* kondisi *Ballast*

Berdasarkan Gambar 4.26, dapat diketahui bahwa *RAO* gerakan *pitching* kondisi *light load* dengan variasi sudut gelombang  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$  didapatkan nilai tertinggi terjadi ketika kapal mengalami *bow quartering sea* (sudut datang gelombang sebesar  $45^\circ$ ) pada *encountering wave frequency*  $0.791 \text{ rad/s}$  dengan nilai *transfer function* mencapai  $1.287 \text{ deg/m}$ .

RAO Gerakan heave untuk kondisi *Light Load*, *Full Load* dan *Ballast* pada Gambar 4.18 hingga 4.20 terjadi pada *encountering wave frequency* yang sama. Hal ini dapat terjadi karena variabel kekakuan, massa dan massa tambah pada persamaan frekuensi natural gerakan heave tidak memiliki perbedaan yang signifikan. RAO Gerakan Pitch pada Gambar 4.24 hingga 4.26 juga memiliki kesamaan dengan RAO Gerakan heave. Sedangkan untuk RAO gerakan roll pada Gambar 4.21 hingga 4.23 terjadi pada *encountering wave frequency* yang berbeda. Hal ini dapat terjadi karena variabel kekakuan, momen inersia massa dan momen inersia massa tambah pada persamaan frekuensi natural gerakan heave memiliki perbedaan yang signifikan.

#### 4.6 Spektra Gelombang

Spektra gelombang digunakan untuk mengetahui karakteristik dari gelombang pada kawasan perairan tertentu. Karena perairan yang digunakan pada penelitian ini adalah di Selat Bali yang termasuk perairan tertutup maka digunakanlah Spektra JONSWAP dengan nilai  $\lambda = 2,5$  seperti Gambar 4.27.

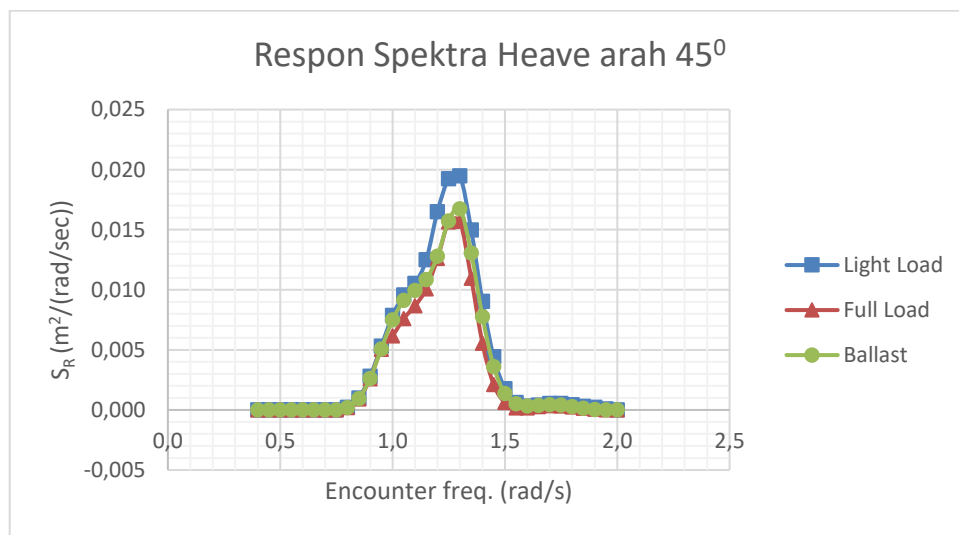


**Gambar 4.27** Spektra Gelombang Jonswap

Grafik spektra gelombang Jonswap diatas menunjukkan karakteristik gelombang yang akan dilalui oleh kapal KMP SMS Swakarya pada saat berlayar. Puncak energi gelombang berada pada *range* frekuensi 1.31 rad/sec dengan nilai  $0.1436 \text{ m}^2/(\text{rad}/\text{sec})$ .

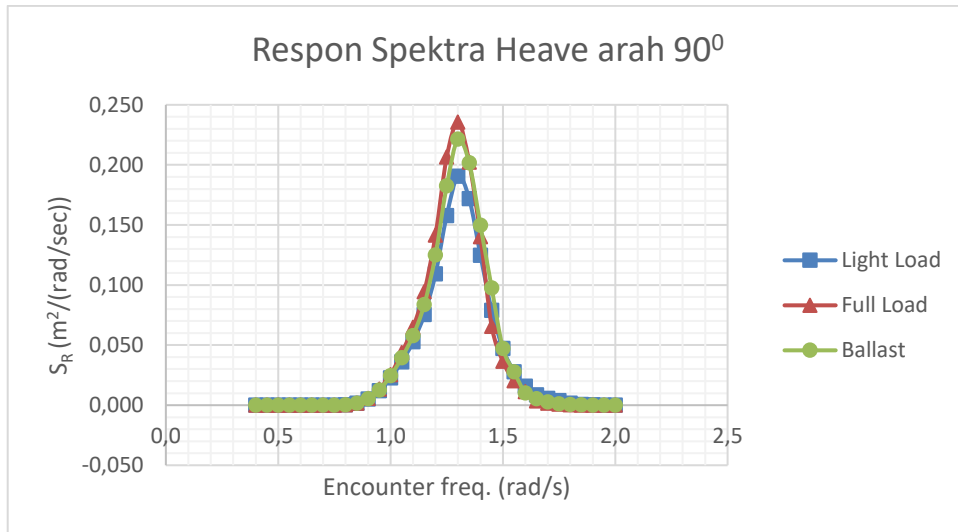
#### 4.7 Analisis Respon Gerakan

Dari hasil RAO yang telah didapat, kemudian dilanjutkan dalam perhitungan spektra respon kapal saat berada di perairan gelombang acak dengan menggabungkan spektra gelombang Jonswap.



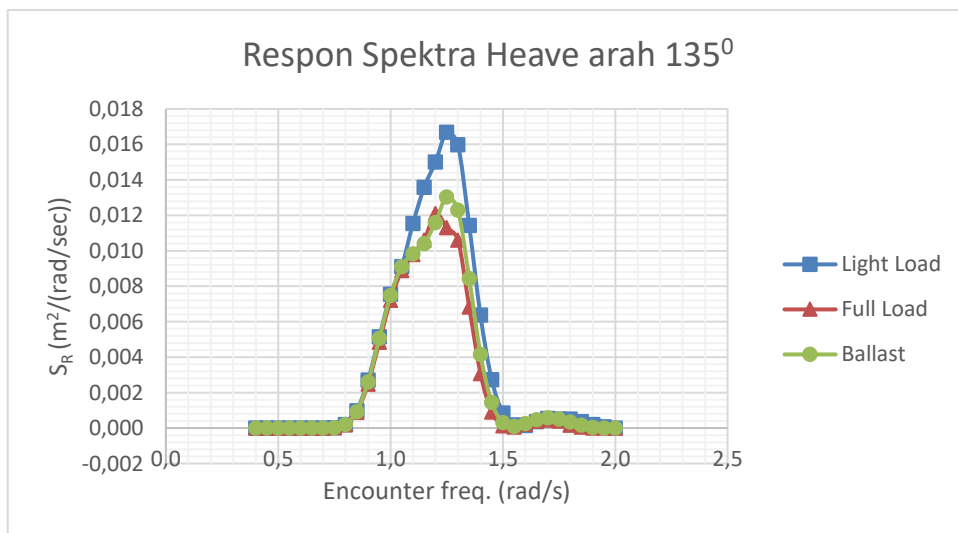
**Gambar 4.28** Grafik Respon Spektra *Heave* arah  $45^\circ$

Gambar 4.28 menunjukkan spektra respon pada gerakan *heave* dengan arah datang gelombang  $45^\circ$ . Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.25 rad/sec sebesar  $0.019 \text{ m}^2/(\text{rad}/\text{sec})$ . Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Light Load*.



**Gambar 4.29** Grafik Respon Spektra *Heave* arah  $90^0$

Gambar 4.29 menunjukkan spektra respon pada gerakan *heave* dengan arah datang gelombang  $90^0$ . Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.3 rad/sec sebesar  $0.236 \text{ m}^2/(\text{rad/sec})$ . Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Full Load*.



**Gambar 4.30** Grafik Respon Spektra *Heave* arah  $135^0$

Gambar 4.30 menunjukkan spektra respon pada gerakan *heave* dengan arah datang gelombang  $135^0$ . Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.25 rad/sec sebesar  $0.017 \text{ m}^2/(\text{rad/sec})$ . Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Light Load*.

Dari gerakan heave di atas, dapat diketahui besarnya nilai *heave response* rata-rata, *heave response* signifikan, (1/3 tertinggi rata-rata), dan dengan pembebanan gelombang seperti yang ada pada *loadcases* yang telah ditetapkan sebelumnya.

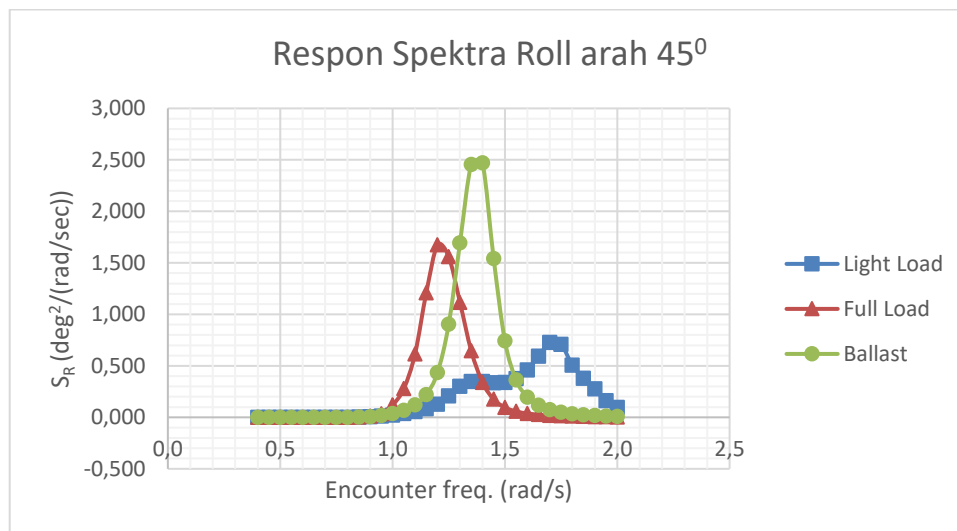
**Tabel 4.4** Respon Rata- Rata Gerakan *Heave*

Arah (deg)	Respon Rata- Rata Gerakan <i>Heave</i> (m)		
	<i>Light</i>	<i>Full</i>	<i>Ballast</i>
45	0.0042	0.0032	0.0036
90	0.035	0.040	0.039
135	0.0037	0.0028	0.0030

**Tabel 4.5** Respon Signifikan Gerakan *Heave*

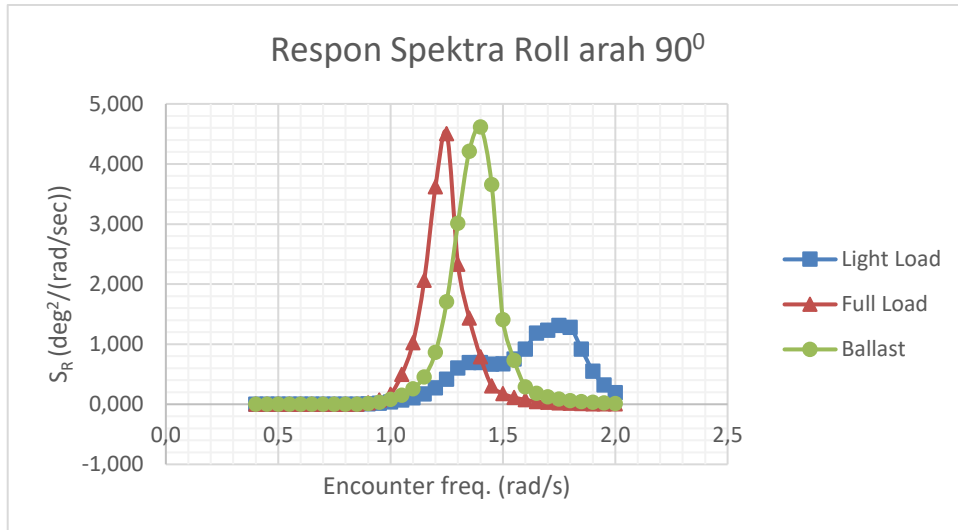
Arah (deg)	Respon Signifikan Gerakan <i>Heave</i> (m)		
	<i>Light</i>	<i>Full</i>	<i>Ballast</i>
45	0.0118	0.0091	0.0102
90	0.097	0.114	0.112
135	0.010	0.008	0.009

Gerakan *heave* terbesar terjadi ketika arah gelombang dari sudut 90°. Dorongan gelombang dari samping yang membuat tinggi rata-rata dan signifikan gerakan *heave* memiliki nilai yang lebih besar. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.4 dan 4.5, nilai tinggi paling besar berada pada kondisi *Full Load*.



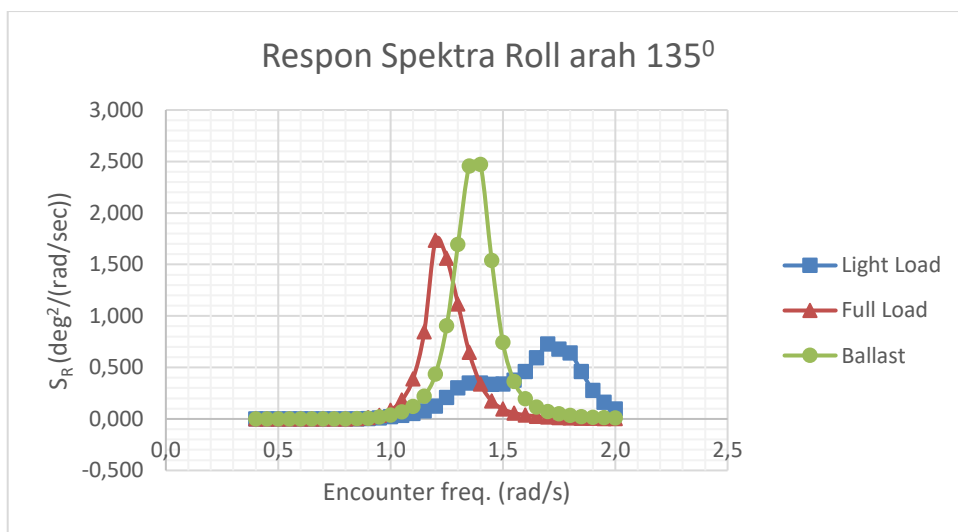
**Gambar 4.31** Grafik Respon Spektra *Roll* arah 45°

Gambar 4.31 menunjukkan spektra respon pada gerakan *roll* dengan arah datang gelombang  $45^0$ . Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.4 rad/sec sebesar  $2.471 \text{ deg}^2/(\text{rad/sec})$ . Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Ballast*.



**Gambar 4.32** Grafik Respon Spektra *Roll* arah  $90^0$

Gambar 4.32 menunjukkan spektra respon pada gerakan *roll* dengan arah datang gelombang  $90^0$ . Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.4 rad/sec sebesar  $4.618 \text{ deg}^2/(\text{rad/sec})$ . Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Ballast*.



**Gambar 4.33** Grafik Respon Spektra *Roll* arah  $135^0$



Gambar 4.33 menunjukkan spektra respon pada gerakan *roll* dengan arah datang gelombang  $135^0$ . Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.4 rad/sec sebesar  $2.471 \text{ deg}^2/(\text{rad/sec})$ . Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Ballast*.

Dari gerakan *roll* di atas, dapat diketahui besarnya nilai *roll response* rata-rata, *roll response* signifikan, (1/3 tertinggi rata-rata), dan dengan pembebanan gelombang seperti yang ada pada *loadcases* yang telah ditetapkan sebelumnya.

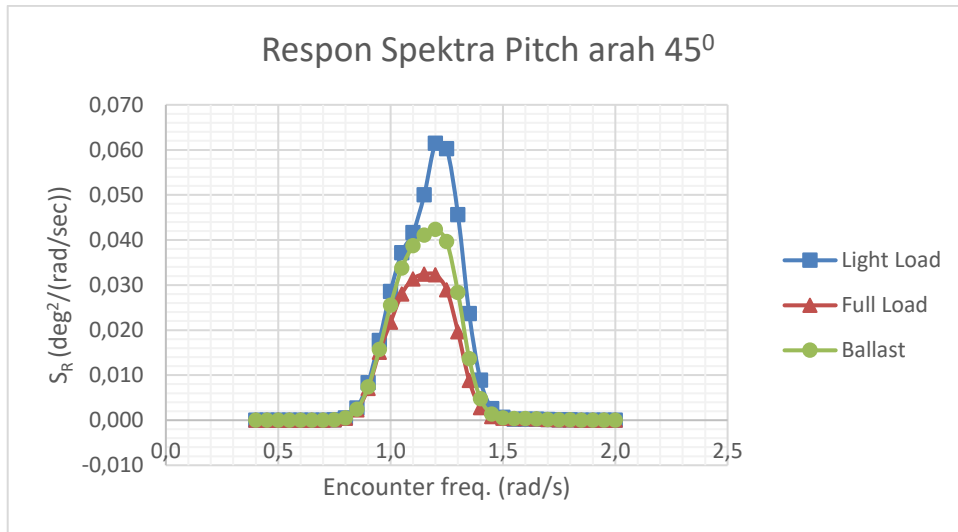
**Tabel 4.6** Respon Rata- Rata Gerakan *Roll*

Arah (deg)	Respon Rata- Rata Gerakan <i>Roll</i> (deg)		
	<i>Light</i>	<i>Full</i>	<i>Ballast</i>
45	0.197	0.244	0.351
90	0.398	0.527	0.669
135	0.202	0.224	0.351

**Tabel 4.7** Respon Signifikan Gerakan *Roll*

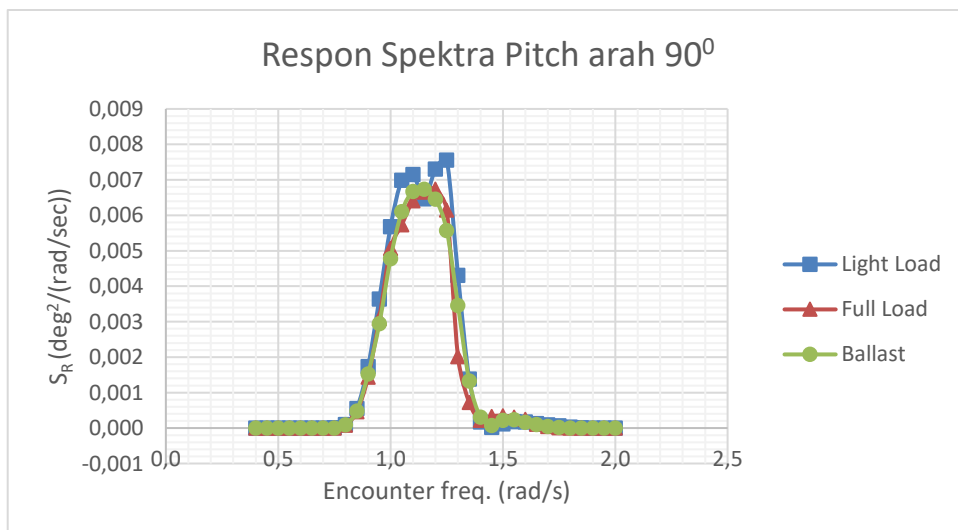
Arah (deg)	Respon Signifikan Gerakan <i>Roll</i> (deg)		
	<i>Light</i>	<i>Full</i>	<i>Ballast</i>
45	0.465	0.711	1.012
90	0.340	1.539	1.929
135	0.482	0.651	1.013

Gerakan *Roll* terbesar terjadi ketika arah gelombang dari sudut  $90^0$ . Dorongan gelombang dari samping yang membuat tinggi rata-rata dan signifikan gerakan *Roll* memiliki nilai yang lebih besar. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.6 dan 4.7, nilai tinggi paling besar berada pada kondisi *Ballast*.



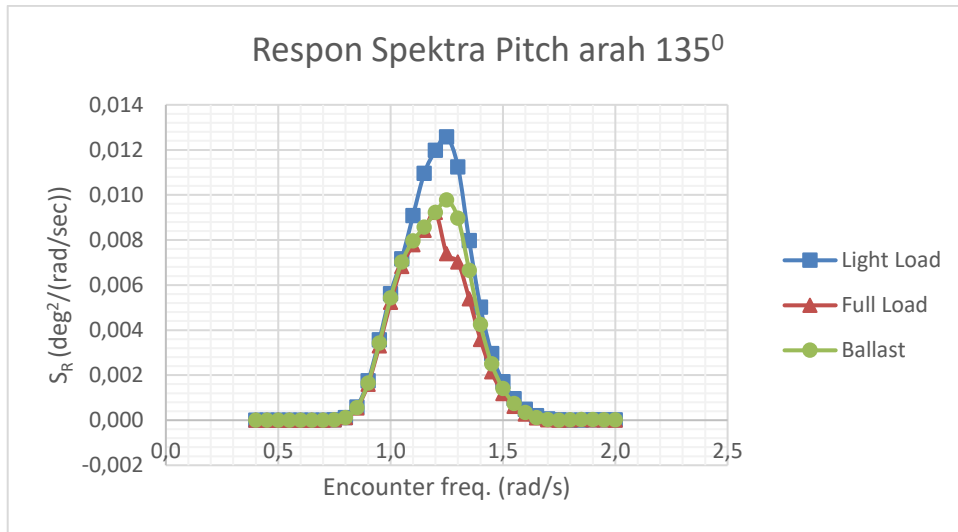
**Gambar 4.34** Grafik Respon Spektra *Pitch* arah 45°

Gambar 4.34 menunjukkan spektra respon pada gerakan *pitch* dengan arah datang gelombang 45°. Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.2 rad/sec sebesar 0.061 deg²/(rad/sec). Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Light Load*.



**Gambar 4.35** Grafik Respon Spektra *Pitch* arah 90°

Gambar 4.35 menunjukkan spektra respon pada gerakan *pitch* dengan arah datang gelombang 90°. Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.25 rad/sec sebesar 0.0076 deg²/(rad/sec). Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Light Load*.



**Gambar 4.36** Grafik Respon Spektra *Pitch* arah 135°

Gambar 4.36 menunjukkan spektra respon pada gerakan *pitch* dengan arah datang gelombang 135°. Tampak bahwa energi yang paling besar adalah pada frekuensi 1.25 rad/sec sebesar 0.013 deg<sup>2</sup>/(rad/sec). Nilai tertinggi tersebut muncul ketika kondisi *Light Load*.

Dari gerakan *Pitch* di atas, dapat diketahui besarnya nilai *Pitch response* rata-rata, *Pitch response* signifikan, (1/3 tertinggi rata-rata), dan dengan pembebanan gelombang seperti yang ada pada *loadcases* yang telah ditetapkan sebelumnya.

**Tabel 4.8** Respon Rata- Rata Gerakan *Pitch*

Arah (deg)	Respon Rata- Rata Gerakan <i>Pitch</i> (deg)		
	<i>Light</i>	<i>Full</i>	<i>Ballast</i>
45	0.012	0.007	0.009
90	0.002	0.001	0.001
135	0.0028	0.0021	0.0024

**Tabel 4.9** Respon Signifikan Gerakan *Pitch*

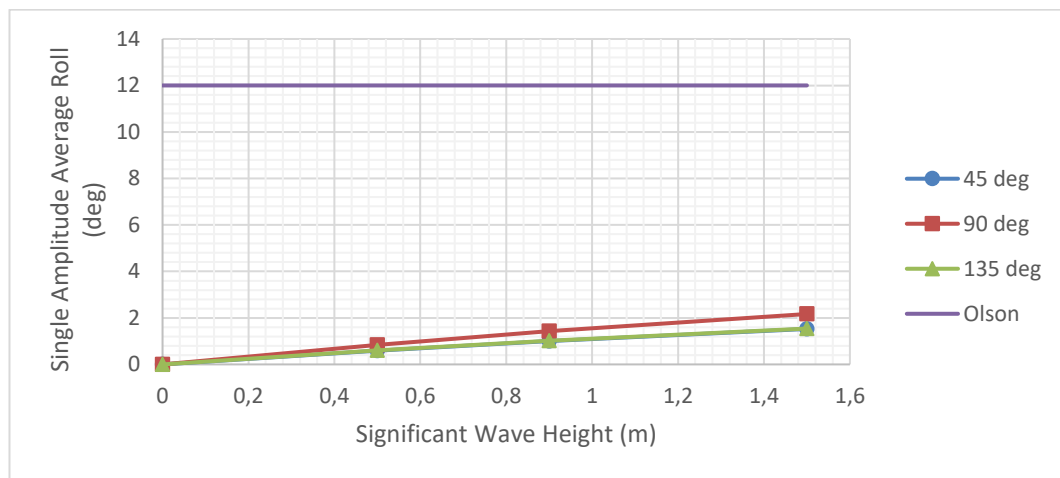
Arah (deg)	Respon Signifikan Gerakan <i>Pitch</i> (deg)		
	<i>Light</i>	<i>Full</i>	<i>Ballast</i>
45	0.035	0.021	0.026
90	0.005	0.004	0.004
135	0.008	0.006	0.007

Gerakan *Pitch* terbesar terjadi ketika arah gelombang dari sudut 45°. Dorongan gelombang dari depan yang membuat tinggi rata-rata dan signifikan

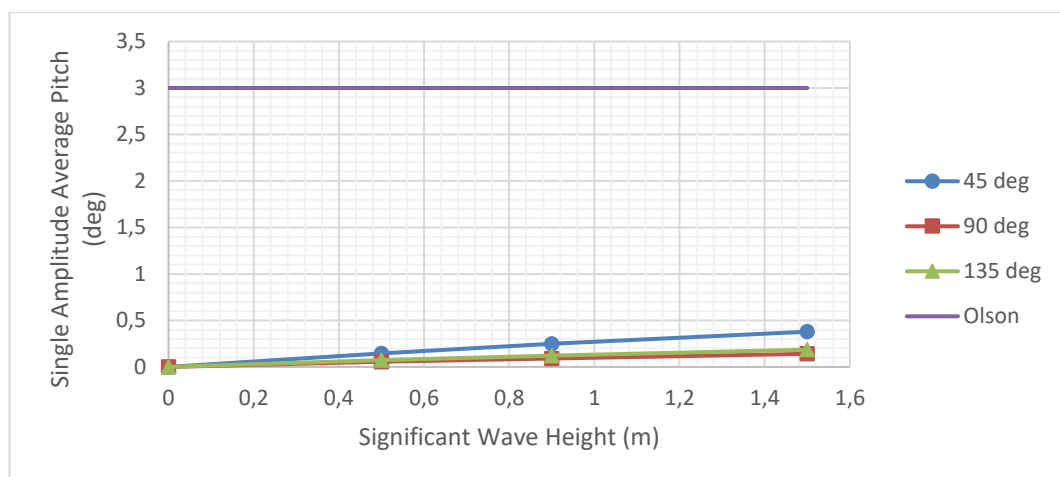
gerakan *Pitch* memiliki nilai yang lebih besar. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.8 dan 4.9, nilai tinggi paling besar berada pada kondisi *Light Load*.

#### 4.8 Analisis Seakeeping

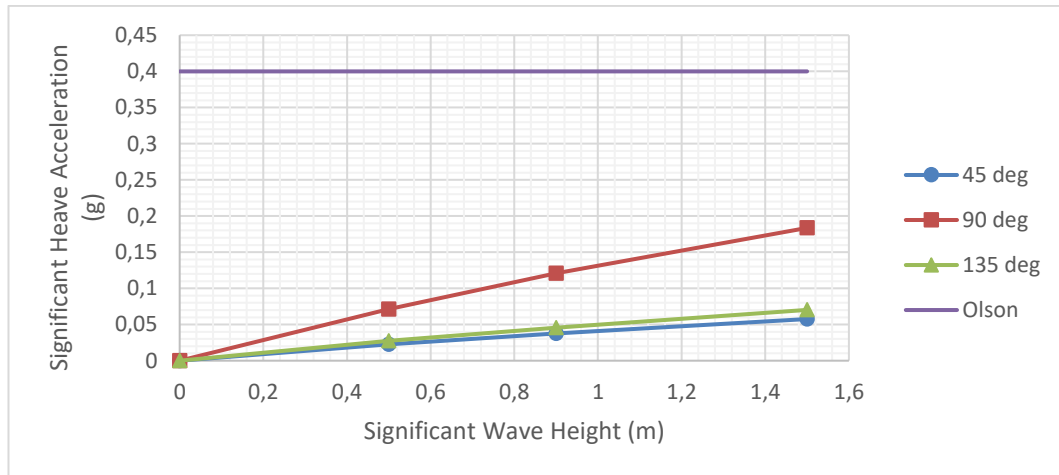
Berikut merupakan grafik kriteria umum *seakeeping* untuk masing-masing arah datang gelombang dan kondisi pembebanan pada tinggi gelombang signifikan 0.5 m, 0.9 m dan 1.5 m.



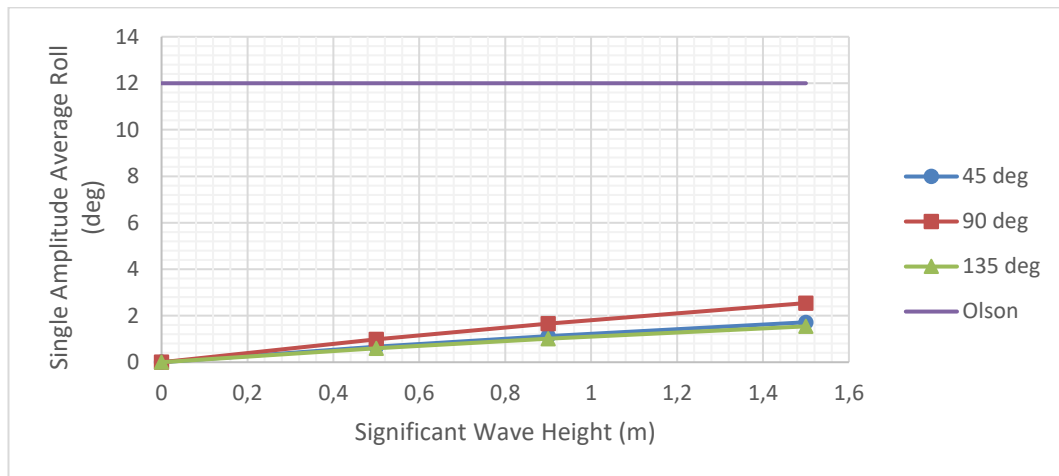
**Gambar 4.37** *Single Amplitude Average Roll Kondisi Light Load*



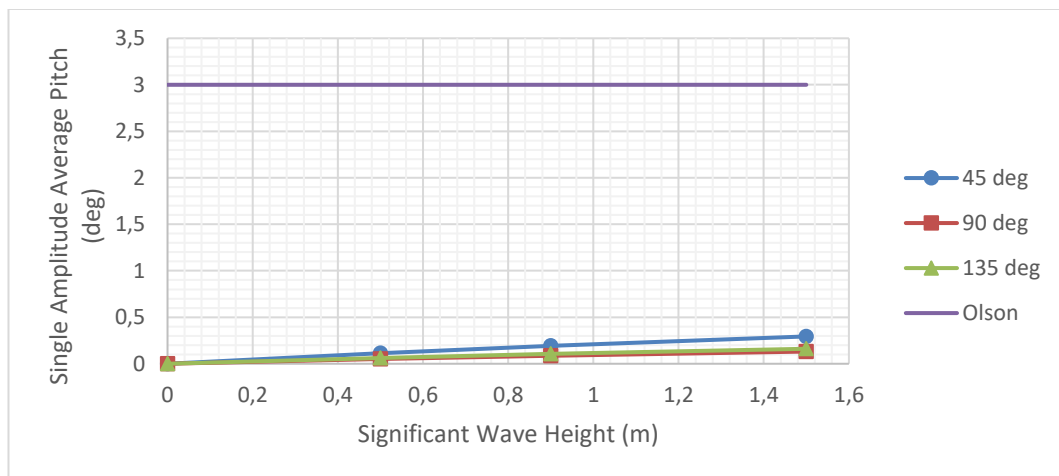
**Gambar 4.38** *Single Amplitude Average Pitch Kondisi Light Load*



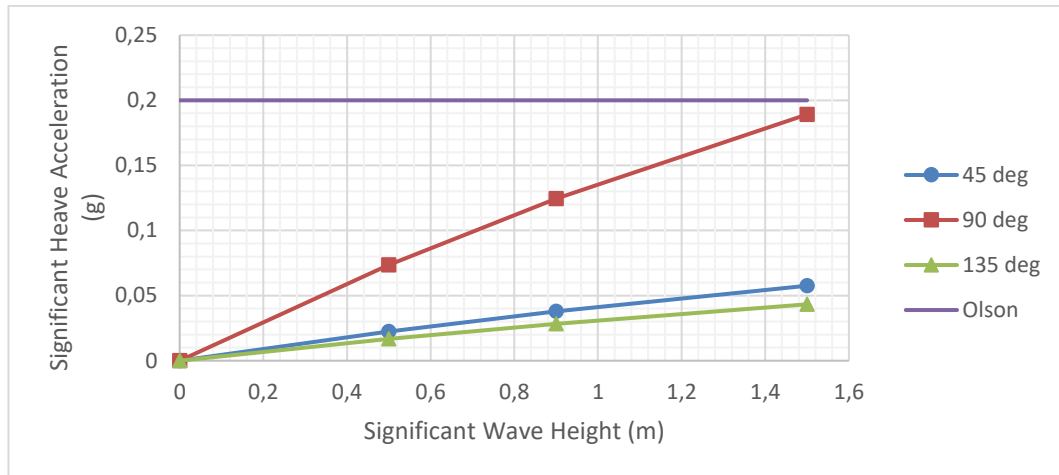
**Gambar 4.39** *Significant Heave Acceleration Kondisi Light Load*



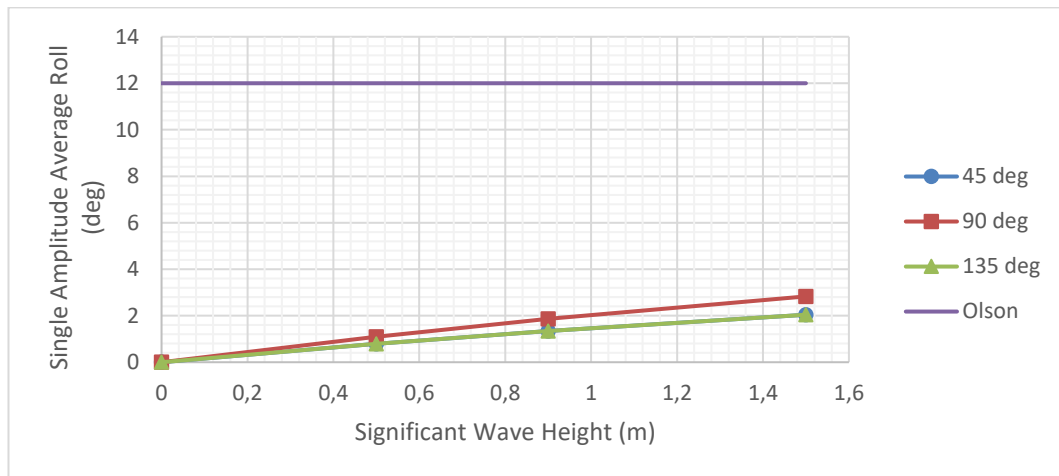
**Gambar 4.40** *Single Amplitude Average Roll Kondisi Full Load*



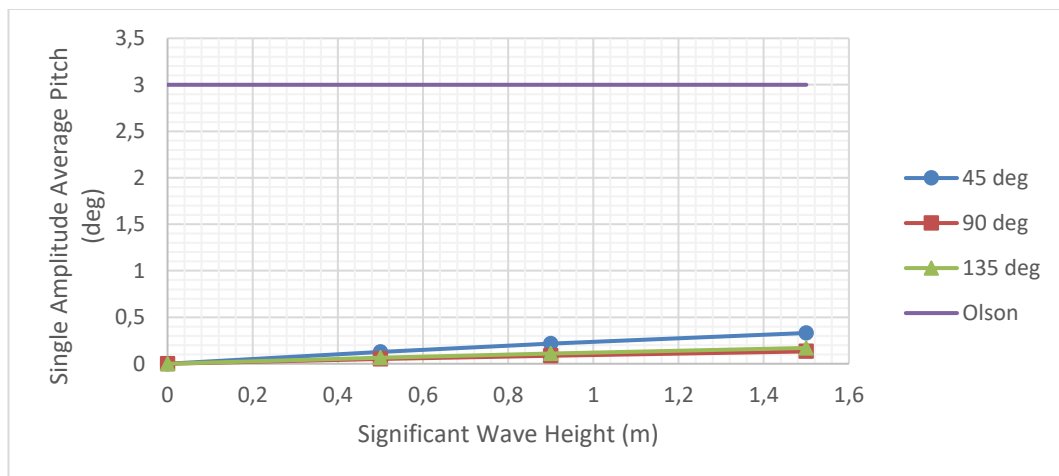
**Gambar 4.41** *Single Amplitude Average Pitch Kondisi Full Load*



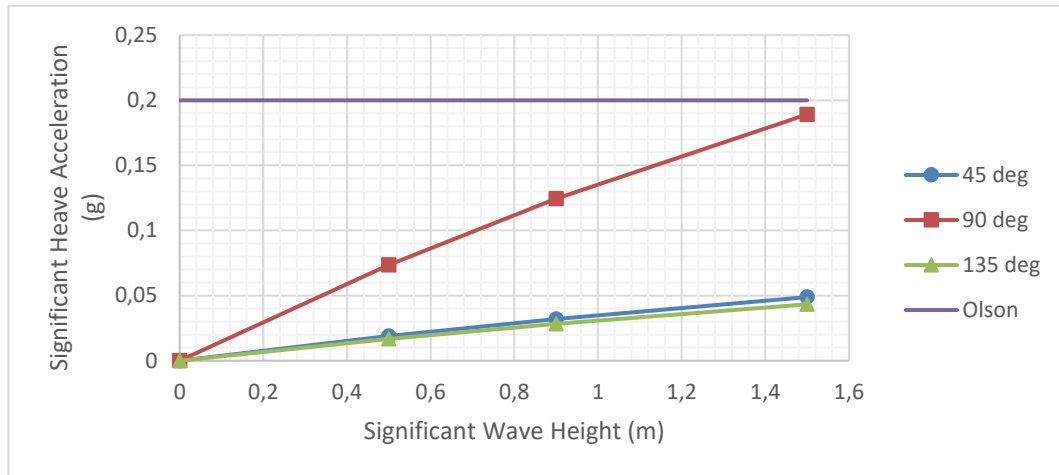
**Gambar 4.42** *Significant Heave Acceleration Kondisi Full Load*



**Gambar 4.43** *Single Amplitude Average Roll Kondisi Ballast*



**Gambar 4.44** *Single Amplitude Average Pitch Kondisi Ballast*



**Gambar 4.45** *Significant Heave Acceleration Kondisi Ballast*

Berdasarkan Gambar 4.37 hingga 4.45, parameter kriteria umum *Single Amplitude Average Roll*, *Single Amplitude Average Pitch* dan *Significant Heave Acceleration* untuk kondisi *light load*, *full load* dan *ballast* sudah memenuhi batas kriteria yang ditentukan oleh Olson. Sehingga ketika terjadi tinggi gelombang signifikan 1.5 m, kapal masih bisa beroperasi dengan aman.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Karakteristik gerakan KMP SMS Swakarya pada gelombang acak yaitu sebagai berikut:
  - a. Respon rata-rata dan signifikan gerakan *Heave* tertinggi adalah 0.040 m dan 0.114 m pada kondisi *Full Load* dengan arah gelombang 90°
  - b. Respon rata-rata dan signifikan gerakan *Roll* tertinggi adalah 0.669 deg dan 1.929 deg pada kondisi *Ballast* dengan arah gelombang 90°
  - c. Respon rata-rata dan signifikan gerakan *Pitch* tertinggi adalah 0.012 deg dan 0.035 deg pada kondisi *Light Load* dengan arah gelombang 45°
  - d. Parameter *Single Amplitude Average Roll*, *Single Amplitude Average Pitch* dan *Significant Heave Acceleration* untuk kondisi *light load*, *full load* dan *ballast* sudah memenuhi kriteria umum *seakeeping* Olson.
2. Hasil analisis stabilitas pada enam kondisi pembebanan yakni: kondisi *Light Load*, *Full Load Departure*, *Full Load Arrival*, *Ballast Departure*, *Ballast Arrival*, *Full Load Departure* dengan pergeseran muatan telah memenuhi kriteria IMO.
3. Stabilitas dinamis KMP SMS Swakarya semakin besar ketika tinggi metacenter (GM) besar. Nilai yang tertinggi yaitu pada kondisi *Ballast Departure* dengan nilai 1291.667 m.ton dan yang terendah pada kondisi pergeseran muatan dengan nilai 359.638 m.ton.

## 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini analisis terbatas pada 3 mode gerakan vertikal yaitu *heave*, *roll*, dan *pitch*. Untuk penelitian selanjutnya dapat melengkapi analisis dengan metode gerakan *surge*, *sway*, dan *yaw*.
2. Pada penelitian ini tidak memperhitungkan beban angin yang bekerja. Sehingga pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan untuk mendapatkan stabilitas yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, R. 1972. *Dynamics of Marine Vehicles*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Chakrabarti, S. K. 1987. *Hydrodynamics Of Offshore Structure*. Computational Mechanics Publications Southampton Boston, Springer – Verlag, Berlin.
- Derret, Captain. D. R. 2000. *Ships Stability for Master and Mates*. Butterworth-Heinemann: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- Djarmiko, E. B. 2012. *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- Korkut, E. et. al. 2003. *An experimental study of motion behavior with an intact and damaged Ro-Ro ship model*. Ocean Engineering 31 (2004) 483–512.
- IMO A.749, 2008. *Code on Intact Stability for All Types of Ships*. Covered by IMO Instrument.
- Marjoni et. al. 2010. *Stabilitas Statis dan Dinamis Kapal Seine Di Pelabuhan Perikanan Pantai Lampulo Kota Banda Aceh Nanggroe Aceh Darussalam*. Jurnal Marine Fisheries, Vol.1, No.2 Hal:113-122.
- Murtedjo, M. 1999. *Handout Teori Bangunan Apung 2*, Surabaya.
- Olson, S.R. 1978. *An Evaluation of the Seakeeping Qualities of Naval Combatants*. Naval Engineering Journal. ASNE, Vol. 90, No. 1, pp. 23-40, Feb.
- Prasetyo, N.A. 2012. *Analisa Stabilitas Ecogreen Barge Pada Operasi Towing*. Tugas Akhir, Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). 2017.
- PT. Lintas Sarana Nusantara. 2018.
- Rawson, K.J. and Tupper, E. 1968. *Basic Ship Theory*. Butterworth-Heinemann: Oxford.
- Saputra, H. 2012. *Analisa Stabilitas dan Kekuatan Transversal Kapal Penumpang 94 PAX Penyeberangan Muara Angke Ke Pulau Tidung*. Tugas Akhir, Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Light Load

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	696.899	696.899			23.025	0	4.463
A.P.T. (B.W.) (P)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	-3.207	1.396
A.P.T. (B.W.) (S)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	3.207	1.396
F.W.T. (P)	0%	24.133	0	24.133	0	7.175	-5.678	0.581
F.W.T. (S)	0%	24.133	0	24.133	0	7.175	5.678	0.581
F.O.T. (P)	0%	56.211	0	59.527	0	17.512	-4.852	0.002
F.O.T. (S)	0%	56.211	0	59.527	0	17.512	4.852	0.002
L.O.T. (P)	0%	2.439	0	2.651	0	11.597	-0.087	0.007
Sludge Tank (S)	0%	2.439	0	2.651	0	11.597	0.087	0.007
No. 1 B.W.T. (P)	0%	57.358	0	55.959	0	43.337	-3.19	1.221
No. 1 B.W.T. (S)	0%	57.358	0	55.959	0	43.337	3.19	1.221
No. 2 B.W.T. (P)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	-0.054	0.006
No. 2 B.W.T. (S)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	0.054	0.006
F.P.T. (W.B.,P)	0%	43.912	0	42.841	0	45.34	-0.02	0.551
F.P.T. (W.B.,S)	0%	43.912	0	42.841	0	45.34	0.02	0.551
Total Loadcase			696.899	436.879	0	23.025	0	4.463
FS correction								0
VCG fluid								4.463

Heel to Starboard deg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	1.638	2.362	2.172	1.568	0.801	-0.037	-0.894	-1.736	-2.529
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	8.6538	29.5322	52.7528	71.646	83.5746	87.4301	82.7775	69.5935	48.2423
Displacement t	696.9	696.9	696.9	696.9	696.9	696.9	696.9	696.9	697	696.9
Draft at FP m	0.906	0.893	0.587	-0.06	-0.93	-2.118	-3.948	-7.38	-17.23	n/a
Draft at AP m	1.645	1.6	1.359	0.958	0.503	-0.1	-1.019	-2.754	-7.781	n/a
WL Length m	45.347	47.17	47.994	48.298	48.46	48.625	48.798	48.883	48.957	49.026
Beam max extents on WL m	13.72	13.932	10.642	7.32	5.694	4.778	4.226	3.895	3.716	3.66
Wetted Area m <sup>2</sup>	687.96	674.756	563.359	552.666	554.27	555.645	556.909	557.99	558.66	559.573
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	598.74	586.529	445.827	326.692	255.746	214.956	190.22	175.293	167.111	164.49
Prismatic coeff. (Cp)	0.762	0.751	0.777	0.792	0.798	0.801	0.802	0.804	0.807	0.809
Block coeff. (Cb)	0.742	0.408	0.393	0.484	0.553	0.609	0.658	0.704	0.751	0.785
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	22.969	22.97	22.962	22.941	22.913	22.889	22.869	22.859	22.86	22.869
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	23.657	23.499	23.381	24.237	24.376	24.417	24.427	24.427	24.409	24.408
Max deck inclination deg	0.8518	10.0319	20.0168	30.0156	40.0167	50.0164	60.0144	70.0106	80.0055	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0.8518	0.8154	0.8904	1.1743	1.653	2.3274	3.375	5.3214	10.7738	90

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	52.7528	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	71.6460	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	18.8932	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	2.172	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	15.0	deg	21.8	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	9.438	Pass

# Full Load Departure

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	696.899	696.899			23.025	0	4.463
Passenger	128	0.1	12.8			14.83	0	10
Truck 1	1	25	25			28.276	-1.85	5.849
Truck 2	1	25	25			37.416	-1.85	5.849
Truck 3	1	25	25			28.276	1.85	5.849
Truck 4	1	25	25			37.416	1.85	5.849
Truck 5	1	25	25			28.276	-4.95	5.849
Truck 6	1	25	25			37.416	-4.95	5.849
Truck 7	1	25	25			28.276	4.95	5.849
Truck 8	1	25	25			37.416	4.95	5.849
Truck 9	1	25	25			19.246	-1.85	5.849
Truck 10	1	25	25			10.202	-1.85	5.849
Truck 11	1	25	25			19.246	1.85	5.849
Truck 12	1	25	25			10.202	1.85	5.849
Truck 13	1	25	25			19.246	-4.95	5.849
Truck 14	1	25	25			10.202	-4.95	5.849
Truck 15	1	25	25			19.246	4.95	5.849
Truck 16	1	25	25			10.202	4.95	5.849
Car 1	1	2	2			3.217	-3.43	4.206
Car 2	1	2	2			3.217	3.43	4.206
Car 3	1	2	2			44.737	-3.43	4.206
Car 4	1	2	2			44.737	3.43	4.206
A.P.T. (B.W.) (P)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	-3.207	1.396
A.P.T. (B.W.) (S)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	3.207	1.396
F.W.T. (P)	100%	24.133	24.133	24.133	24.133	6.161	-5.749	2.202

F.W.T. (S)	100%	24.133	24.133	24.133	24.133	6.161	5.749	2.202
F.O.T. (P)	100%	56.211	56.211	59.527	59.527	13.496	-5.824	1.854
F.O.T. (S)	100%	56.211	56.211	59.527	59.527	13.496	5.824	1.854
L.O.T. (P)	100%	2.439	2.439	2.651	2.651	10.49	-0.5	0.62
Sludge Tank (S)	0%	2.439	0	2.651	0	11.562	0.074	0.007
No. 1 B.W.T. (P)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	-3.251	2.445
No. 1 B.W.T. (S)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	3.251	2.445
No. 2 B.W.T. (P)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	-0.054	0.006
No. 2 B.W.T. (S)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	0.054	0.006
F.P.T. (W.B.,P)	50%	43.912	21.956	42.841	21.42	46.402	-2.608	1.885
F.P.T. (W.B.,S)	50%	43.912	21.956	42.841	21.42	46.402	2.608	1.885
Total Loadcase			1439.454	436.879	324.729	24.171	-0.001	4.37
FS correction								0.084
VCG fluid								4.454

Heel to Starboard deg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0.001	0.664	0.862	0.565	0.068	-0.487	-1.049	-1.59	-2.088	-2.525
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	3.5547	11.6469	19.0747	22.3218	20.2519	12.5662	-0.6552	-19.096	-42.193
Displacement t	1439	1439	1440	1439	1439	1439	1439	1439	1439	1439
Draft at FP m	2.323	2.316	2.432	2.737	3.108	3.606	4.383	5.833	10.049	n/a
Draft at AP m	2.553	2.545	2.781	3.243	3.825	4.612	5.809	8.069	14.539	n/a
WL Length m	48.698	48.829	49.09	49.385	49.59	49.725	49.644	49.563	49.49	49.419
Beam max extents on WL m	13.72	13.932	10.555	7.32	5.694	4.778	4.226	3.895	3.716	3.66
Wetted Area m <sup>2</sup>	838.568	837.409	966.335	980.977	984.934	987.43	989.214	990.565	991.665	992.643
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	647.232	645.795	465.451	328.401	256.399	215.548	190.825	175.966	167.975	165.475
Prismatic coeff. (Cp)	0.849	0.849	0.855	0.861	0.863	0.864	0.869	0.872	0.876	0.879
Block coeff. (Cb)	0.843	0.571	0.56	0.638	0.695	0.738	0.777	0.811	0.844	0.873
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	24.156	24.156	24.149	24.14	24.132	24.125	24.126	24.123	24.126	24.134
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	23.936	24.121	24.723	24.714	24.708	24.7	24.687	24.679	24.674	24.669
Max deck inclination deg	0.2647	10.0034	20.0034	30.0039	40.0042	50.0041	60.0034	70.0025	80.0012	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2647	0.2646	0.4026	0.5841	0.827	1.1606	1.6457	2.578	5.1659	90

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	19.0747	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	22.3218	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	3.2470	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.565	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	15.0	deg	18.2	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.759	Pass



Full Load Arrival

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	696.899	696.899			23.025	0	4.463
Passenger	128	0.1	12.8			14.83	0	10
Truck 1	1	25	25			28.276	-1.85	5.849
Truck 2	1	25	25			37.416	-1.85	5.849
Truck 3	1	25	25			28.276	1.85	5.849
Truck 4	1	25	25			37.416	1.85	5.849
Truck 5	1	25	25			28.276	-4.95	5.849
Truck 6	1	25	25			37.416	-4.95	5.849
Truck 7	1	25	25			28.276	4.95	5.849
Truck 8	1	25	25			37.416	4.95	5.849
Truck 9	1	25	25			19.246	-1.85	5.849
Truck 10	1	25	25			10.202	-1.85	5.849
Truck 11	1	25	25			19.246	1.85	5.849
Truck 12	1	25	25			10.202	1.85	5.849
Truck 13	1	25	25			19.246	-4.95	5.849
Truck 14	1	25	25			10.202	-4.95	5.849
Truck 15	1	25	25			19.246	4.95	5.849
Truck 16	1	25	25			10.202	4.95	5.849
Car 1	1	2	2			3.217	-3.43	4.206
Car 2	1	2	2			3.217	3.43	4.206
Car 3	1	2	2			44.737	-3.43	4.206
Car 4	1	2	2			44.737	3.43	4.206
A.P.T. (B.W.) (P)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	-3.207	1.396
A.P.T. (B.W.) (S)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	3.207	1.396
F.W.T. (P)	10%	24.133	2.413	24.133	2.413	6.698	-5.696	0.818

F.W.T. (S)	10%	24.133	2.413	24.133	2.413	6.698	5.696	0.818
F.O.T. (P)	10%	56.211	5.621	59.527	5.953	13.732	-5.809	0.224
F.O.T. (S)	10%	56.211	5.621	59.527	5.953	13.732	5.809	0.224
L.O.T. (P)	10%	2.439	0.244	2.651	0.265	10.531	-0.498	0.078
Sludge Tank (S)	90%	2.439	2.195	2.651	2.386	10.49	0.5	0.56
No. 1 B.W.T. (P)	50%	57.358	28.679	55.959	27.979	43.347	-3.235	1.836
No. 1 B.W.T. (S)	50%	57.358	28.679	55.959	27.979	43.347	3.235	1.836
No. 2 B.W.T. (P)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	-0.054	0.006
No. 2 B.W.T. (S)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	0.054	0.006
F.P.T. (W.B.,P)	50%	43.912	21.956	42.841	21.42	46.406	-2.607	1.885
F.P.T. (W.B.,S)	50%	43.912	21.956	42.841	21.42	46.406	2.607	1.885
Total Loadcase			1237.476	436.879	118.183	24.791	0.001	4.693
FS correction								0.25
VCG fluid								4.943

Heel to Starboard deg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.001	0.724	1.154	0.789	0.181	-0.498	-1.188	-1.855	-2.471	-3.014
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	3.6828	13.6113	23.8187	28.7257	27.1765	18.734	3.4894	-18.198	-45.665
Displacement t	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237	1237
Draft at FP m	2.172	2.176	2.279	2.509	2.795	3.182	3.775	4.881	8.039	n/a
Draft at AP m	2.103	2.075	2.056	2.096	2.146	2.212	2.316	2.522	3.144	n/a
WL Length m	48.54	48.71	49.007	49.295	49.507	49.647	49.721	49.64	49.57	49.504
Beam max extents on WL m	13.72	13.932	10.701	7.32	5.694	4.778	4.226	3.895	3.716	3.66
Wetted Area m <sup>2</sup>	805.438	796.769	856.731	864.073	867.63	869.847	871.511	872.824	873.931	874.933
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	642.778	639.522	479.413	330.4	257.817	216.702	191.802	176.796	168.705	166.138
Prismatic coeff. (Cp)	0.843	0.843	0.85	0.854	0.855	0.855	0.856	0.859	0.862	0.866
Block coeff. (Cb)	0.84	0.54	0.522	0.612	0.673	0.72	0.759	0.797	0.833	0.863
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	24.795	24.799	24.808	24.821	24.834	24.845	24.852	24.854	24.851	24.839
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	23.915	24.213	24.605	24.622	24.631	24.637	24.63	24.62	24.609	24.6
Max deck inclination deg	0.0797	10.0007	20.0014	30.0026	40.0034	50.0038	60.0036	70.0028	80.0015	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.0797	-0.1166	-0.2562	-0.4767	-0.7491	-1.1196	-1.6826	-2.7189	-5.6291	-90

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	19.0747	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	22.3218	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	3.2470	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.565	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	15.0	deg	18.2	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.759	Pass

# Ballast Departure

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	696.899	696.899			23.025	0	4.463
A.P.T. (B.W.) (P)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	-3.207	1.396
A.P.T. (B.W.) (S)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	3.207	1.396
F.W.T. (P)	100%	24.133	24.133	24.133	24.133	6.161	-5.749	2.202
F.W.T. (S)	100%	24.133	24.133	24.133	24.133	6.161	5.749	2.202
F.O.T. (P)	100%	56.211	56.211	59.527	59.527	13.496	-5.824	1.854
F.O.T. (S)	100%	56.211	56.211	59.527	59.527	13.496	5.824	1.854
L.O.T. (P)	100%	2.439	2.439	2.651	2.651	10.49	-0.5	0.62
Sludge Tank (S)	0%	2.439	0	2.651	0	11.562	0.074	0.007
No. 1 B.W.T. (P)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	-3.251	2.445
No. 1 B.W.T. (S)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	3.251	2.445
No. 2 B.W.T. (P)	100%	21.409	21.409	20.887	20.887	43.146	-2.968	0.725
No. 2 B.W.T. (S)	100%	21.409	21.409	20.887	20.887	43.146	2.968	0.725
F.P.T. (W.B.,P)	100%	43.912	43.912	42.841	42.841	46.681	-2.641	2.512
F.P.T. (W.B.,S)	100%	43.912	43.912	42.841	42.841	46.681	2.641	2.512
Total Loadcase			1105.384	436.879	409.344	26.06	-0.001	3.581
FS correction								0
VCG fluid								3.581

Heel to Starboard deg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0.001	1.076	1.859	1.724	1.29	0.744	0.146	-0.47	-1.077	-1.654
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	5.4307	20.7026	39.2038	54.3664	64.6085	69.0783	67.4641	59.7126	46.0424
Displacement t	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105
Draft at FP m	2.262	2.279	2.434	2.763	3.185	3.768	4.67	6.349	11.109	n/a
Draft at AP m	1.622	1.569	1.34	0.956	0.47	-0.198	-1.227	-3.146	-8.598	n/a
WL Length m	47.73	48.789	49.091	49.412	49.649	49.776	49.692	49.625	49.565	49.503
Beam max extents on WL m	13.72	13.932	10.701	7.32	5.694	4.778	4.226	3.895	3.716	3.66
Wetted Area m <sup>2</sup>	770.199	767.002	780.636	787.477	790.899	793.129	794.726	795.996	797.019	797.984
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	626.029	627.757	481.44	331.198	258.117	216.632	191.502	176.316	168.041	165.292
Prismatic coeff. (Cp)	0.785	0.767	0.769	0.77	0.768	0.767	0.768	0.769	0.772	0.775
Block coeff. (Cb)	0.765	0.493	0.477	0.56	0.617	0.658	0.693	0.723	0.752	0.767
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.092	26.097	26.121	26.162	26.207	26.249	26.284	26.305	26.308	26.294
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	24.601	24.699	24.549	24.592	24.619	24.629	24.632	24.634	24.633	24.628
Max deck inclination deg	0.7385	10.0322	20.0337	30.0492	40.0597	50.0632	60.0581	70.0444	80.0239	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.7385	-0.8193	-1.2618	-2.0848	-3.1285	-4.5659	-6.7719	-10.824	-21.645	-90

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	39.2038	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	54.3664	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	15.1626	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.724	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	15.0	deg	22.7	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	6.126	Pass

Ballast Arrival

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	696.899	696.899			23.025	0	4.463
A.P.T. (B.W.) (P)	100%	12.753	12.753	12.442	12.442	1.179	-4.741	2.75
A.P.T. (B.W.) (S)	100%	12.753	12.753	12.442	12.442	1.179	4.741	2.75
F.W.T. (P)	10%	24.133	2.413	24.133	2.413	6.793	-5.703	0.82
F.W.T. (S)	10%	24.133	2.413	24.133	2.413	6.793	5.703	0.82
F.O.T. (P)	10%	56.211	5.621	59.527	5.953	14.132	-5.811	0.229
F.O.T. (S)	10%	56.211	5.621	59.527	5.953	14.132	5.811	0.229
L.O.T. (P)	10%	2.439	0.244	2.651	0.265	10.622	-0.498	0.08
Sludge Tank (S)	90%	2.439	2.195	2.651	2.386	10.5	0.5	0.56
No. 1 B.W.T. (P)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	-3.251	2.445
No. 1 B.W.T. (S)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	3.251	2.445
No. 2 B.W.T. (P)	100%	21.409	21.409	20.887	20.887	43.146	-2.968	0.725
No. 2 B.W.T. (S)	100%	21.409	21.409	20.887	20.887	43.146	2.968	0.725
F.P.T. (W.B.,P)	100%	43.912	43.912	42.841	42.841	46.681	-2.641	2.512
F.P.T. (W.B.,S)	100%	43.912	43.912	42.841	42.841	46.681	2.641	2.512
Total Loadcase			986.27	436.879	283.64	27.592	0.001	3.772
FS correction								0.017
VCG fluid								3.789

Heel to Starboard deg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.001	1.155	1.918	1.765	1.291	0.698	0.052	-0.607	-1.253	-1.864
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	5.8829	21.8872	40.8818	56.273	66.2912	70.0641	67.2937	57.9689	42.3604
Displacement t	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.3	986.2
Draft at FP m	2.397	2.42	2.615	3.043	3.614	4.404	5.63	7.904	14.332	n/a
Draft at AP m	1.106	1.038	0.645	-0.122	-1.119	-2.482	-4.584	-8.506	-19.68	n/a
WL Length m	46.162	48.452	49.204	49.567	49.851	49.793	49.748	49.715	49.677	49.622
Beam max extents on WL m	13.72	13.932	10.701	7.32	5.694	4.778	4.226	3.895	3.716	3.66
Wetted Area m <sup>2</sup>	735.802	731.178	716.452	717.822	721.231	723.445	725.002	726.216	727.321	728.347
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	607.532	607.432	469.512	330.939	257.63	215.965	190.675	175.258	166.702	163.655
Prismatic coeff. (Cp)	0.725	0.688	0.682	0.681	0.677	0.677	0.677	0.677	0.679	0.681
Block coeff. (Cb)	0.697	0.445	0.428	0.503	0.552	0.589	0.618	0.642	0.663	0.669
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.658	27.667	27.707	27.783	27.866	27.938	27.999	28.035	28.04	28.017
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	25.439	25.535	25.062	24.625	24.656	24.68	24.708	24.735	24.756	24.768
Max deck inclination deg	1.4897	10.1213	20.109	30.1505	40.1809	50.1896	60.1734	70.1319	80.0707	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.4897	-1.5945	-2.272	-3.6465	-5.4437	-7.8952	-11.623	-18.287	-34.408	-90

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	40.8818	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	56.2730	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	15.3912	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.765	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	15.0	deg	22.7	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	6.603	Pass

Pergeseran Muatan

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1	696.899	696.899			23.025	0	4.463
Passenger	128	0.1	12.8			14.83	0	10
Truck 1	1	25	25			28.276	-0.65	5.849
Truck 2	1	25	25			37.416	-0.65	5.849
Truck 3	1	25	25			28.276	1.85	5.849
Truck 4	1	25	25			37.416	1.85	5.849
Truck 5	1	25	25			28.276	-3.75	5.849
Truck 6	1	25	25			37.416	-3.75	5.849
Truck 7	1	25	25			28.276	4.95	5.849
Truck 8	1	25	25			37.416	4.95	5.849
Truck 9	1	25	25			19.246	-0.65	5.849
Truck 10	1	25	25			10.202	-0.65	5.849
Truck 11	1	25	25			19.246	1.85	5.849
Truck 12	1	25	25			10.202	1.85	5.849
Truck 13	1	25	25			19.246	-3.75	5.849
Truck 14	1	25	25			10.202	-3.75	5.849
Truck 15	1	25	25			19.246	4.95	5.849
Truck 16	1	25	25			10.202	4.95	5.849
Car 1	1	2	2			3.217	-3.43	4.206
Car 2	1	2	2			3.217	3.43	4.206
Car 3	1	2	2			44.737	-3.43	4.206
Car 4	1	2	2			44.737	3.43	4.206
A.P.T. (B.W.) (P)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	-3.207	1.396
A.P.T. (B.W.) (S)	0%	12.753	0	12.442	0	2.193	3.207	1.396
F.W.T. (P)	100%	24.133	24.133	24.133	24.133	6.161	-5.749	2.202



F.W.T. (S)	100%	24.133	24.133	24.133	24.133	6.161	5.749	2.202
F.O.T. (P)	100%	56.211	56.211	59.527	59.527	13.496	-5.824	1.854
F.O.T. (S)	100%	56.211	56.211	59.527	59.527	13.496	5.824	1.854
L.O.T. (P)	100%	2.439	2.439	2.651	2.651	10.49	-0.5	0.62
Sludge Tank (S)	0%	2.439	0	2.651	0	11.562	0.074	0.007
No. 1 B.W.T. (P)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	-3.251	2.445
No. 1 B.W.T. (S)	100%	57.358	57.358	55.959	55.959	43.349	3.251	2.445
No. 2 B.W.T. (P)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	-0.054	0.006
No. 2 B.W.T. (S)	0%	21.409	0	20.887	0	41.593	0.054	0.006
F.P.T. (W.B.,P)	50%	43.912	21.956	42.841	21.42	46.402	-2.608	1.885
F.P.T. (W.B.,S)	50%	43.912	21.956	42.841	21.42	46.402	2.608	1.885
Total Loadcase			1439.454	436.879	324.729	24.171	0.166	4.37
FS correction								0.084
VCG fluid								4.454

Heel to Starboard deg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	-0.166	0.5	0.705	0.421	-0.06	-0.594	-1.132	-1.647	-2.117	-2.525
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	1.8974	8.3808	14.2997	16.1828	12.9357	4.295	-9.6299	-28.501	-51.743
Displacement t	1439	1439	1440	1439	1439	1439	1439	1439	1439	1439
Draft at FP m	2.323	2.316	2.432	2.738	3.109	3.609	4.388	5.842	10.07	n/a
Draft at AP m	2.553	2.545	2.78	3.243	3.823	4.61	5.804	8.06	14.519	n/a
WL Length m	48.698	48.829	49.09	49.385	49.591	49.725	49.644	49.562	49.489	49.418
Beam max extents on WL m	13.72	13.932	10.555	7.32	5.694	4.778	4.226	3.895	3.716	3.66
Wetted Area m <sup>2</sup>	838.568	837.407	966.334	980.977	984.934	987.431	989.214	990.565	991.664	992.643
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	647.232	645.798	465.451	328.401	256.4	215.548	190.824	175.966	167.974	165.475
Prismatic coeff. (Cp)	0.849	0.849	0.855	0.861	0.863	0.864	0.869	0.872	0.876	0.88
Block coeff. (Cb)	0.843	0.571	0.56	0.638	0.695	0.738	0.777	0.811	0.844	0.873
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	24.156	24.156	24.149	24.141	24.133	24.127	24.128	24.126	24.129	24.136
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	23.936	24.121	24.723	24.714	24.708	24.7	24.686	24.679	24.674	24.668
Max deck inclination deg	0.2647	10.0034	20.0034	30.0039	40.0041	50.004	60.0034	70.0024	80.0012	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2647	0.2645	0.4022	0.5828	0.8239	1.1544	1.6343	2.5568	5.1199	90

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	14.2997	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	16.2172	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	1.9174	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.421	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	15.0	deg	19.1	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	3.759	Pass

## Light Load

Displacement: 696,899 ton

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ	0	1,638	2,362	2,172	1,568	0,801	-0,037	-0,894	-1,736	-2,529
SM	1	4	2	4	2	4	2	4	2	1
Function of Area	0	6,552	4,724	8,688	3,136	3,204	-0,074	-3,576	-3,472	-2,529

$$\Sigma = 16,653$$

$$h = 10^{\circ}$$

$$h = \frac{10}{57,3} \text{ radian}$$

$$h = 0,17 \text{ radian}$$

$$\begin{aligned} \text{Area under the Stability Curve} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= 0,94367 \text{ m.radian} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dynamical Stability} &= \text{Displacement} \times \text{Area under the Stability Curve} \\ &= 657,643 \text{ m.ton} \end{aligned}$$

Angle (degree)	0	10	20
GZ	0	1,638	2,362
SM	1	4	1
Function of Area	0	6,552	2,362

$$\Sigma = 8,914 \quad \text{DS} = 352,022 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40
GZ	0	1,638	2,362	2,172	1,568
SM	1	4	2	4	1
Function of Area	0	6,552	4,724	8,688	1,568

$$\Sigma = 21,532 \quad \text{DS} = 850,319 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60
GZ	0	1,638	2,362	2,172	1,568	0,801	-0,037
SM	1	4	2	4	2	4	1
Function of Area	0	6,552	4,724	8,688	3,136	3,204	-0,037

$$\Sigma = 26,267 \quad \text{DS} = 1037,31 \text{ m.ton}$$

## Full Load Departure

Displacement: 1439,45 ton

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ	0,001	0,664	0,862	0,565	0,068	-0,487	-1,049	-1,59	-2,088	-2,525
SM	1	4	2	4	2	4	2	4	2	1
Function of Area	0,001	2,656	1,724	2,26	0,136	-1,948	-2,098	-6,36	-4,176	-2,525

$$\Sigma = -10,33$$

$$h = 10^\circ$$

$$h = \frac{10}{57,3} \text{ radian}$$

$$h = 0,17 \text{ radian}$$

$$\begin{aligned} \text{Area under the Stability Curve} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= -0,5854 \text{ m.radian} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dynamical Stability} &= \text{Displacement} \times \text{Area under the Stability Curve} \\ &= -842,61 \text{ m.ton} \end{aligned}$$

Angle (degree)	0	10	20
GZ	0,001	0,664	0,862
SM	1	4	1
Function of Area	0,001	2,656	0,862

$$\Sigma = 3,519 \quad \text{DS} = 287,042 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40
GZ	0,001	0,664	0,862	0,565	0,068
SM	1	4	2	4	1
Function of Area	0,001	2,656	1,724	2,26	0,068

$$\Sigma = 6,709 \quad \text{DS} = 547,247 \text{ m.ton}$$

## Full Load Arrival

Displacement: 1237.48 ton

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ	-0.001	0.724	1.154	0.789	0.181	-0.498	-1.188	-1.855	-2.471	-3.014
SM	1	4	2	4	2	4	2	4	2	1
Function of Area	-0.001	2.896	2.308	3.156	0.362	-1.992	-2.376	-7.42	-4.942	-3.014

$$\Sigma = -11.023$$

$$h = 10^\circ$$

$$h = \frac{10}{57,3} \text{ radian}$$

$$h = 0,17 \text{ radian}$$

$$\begin{aligned} \text{Area under the Stability Curve} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= -0.6246 \text{ m.radian} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dynamical Stability} &= \text{Displacement} \times \text{Area under the Stability Curve} \\ &= -772.97 \text{ m.ton} \end{aligned}$$

Angle (degree)	0	10	20
GZ	-0.001	0.724	1.154
SM	1	4	1
Function of Area	-0.001	2.896	1.154

$$4.049 \quad DS = 283.931 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40
GZ	-0.001	0.724	1.154	0.789	0.181
SM	1	4	2	4	1
Function of Area	-0.001	2.896	2.308	3.156	0.181

$$8.54 \quad DS = 598.856 \text{ m.ton}$$

## Ballast Departure

Displacement: 1105,38 ton

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ	0,001	1,076	1,859	1,724	1,29	0,744	0,146	-0,47	-1,077	-1,654
SM	1	4	2	4	2	4	2	4	2	1
Function of Area	0,001	4,304	3,718	6,896	2,58	2,976	0,292	-1,88	-2,154	-1,654

$$\begin{aligned}\Sigma &= 15,079 \\ h &= 10^\circ \\ h &= \frac{10}{57,3} \text{ radian} \\ h &= 0,17 \text{ radian}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Area under the Stability Curve} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= 0,85448 \text{ m.radian}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dynamical Stability} &= \text{Displacement} \times \text{Area under the Stability Curve} \\ &= 944,525 \text{ m.ton}\end{aligned}$$

Angle (degree)	0	10	20
GZ	0,001	1,076	1,859
SM	1	4	1
Function of Area	0,001	4,304	1,859

$$\Sigma = 6,164 \quad DS = 386,103 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40
GZ	0,001	1,076	1,859	1,724	1,29
SM	1	4	2	4	1
Function of Area	0,001	4,304	3,718	6,896	1,29

$$\Sigma = 16,209 \quad DS = 1015,31 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60
GZ	0,001	1,076	1,859	1,724	1,29	0,744	0,146
SM	1	4	2	4	2	4	1
Function of Area	0,001	4,304	3,718	6,896	2,58	2,976	0,146

$$\Sigma = 20,621 \quad DS = 1291,67 \text{ m.ton}$$

## Ballast Arrival

Displacement: 986.27 ton

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ	-0.001	1.155	1.918	1.765	1.291	0.698	0.052	-0.607	-1.253	-1.864
SM	1	4	2	4	2	4	2	4	2	1
Function of Area	-0.001	4.62	3.836	7.06	2.582	2.792	0.104	-2.428	-2.506	-1.864

$$\begin{aligned}\Sigma &= 14.195 \\ h &= 10^\circ \\ h &= \frac{10}{57,3} \text{ radian} \\ h &= 0,17 \text{ radian}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Area under the Stability Curve} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= 0.80438 \text{ m.radian}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dynamical Stability} &= \text{Displacement} \times \text{Area under the Stability Curve} \\ &= 793.339 \text{ m.ton}\end{aligned}$$

Angle (degree)	0	10	20
GZ	-0.001	1.155	1.918
SM	1	4	1
Function of Area	-0.001	4.62	1.918

$$6.537 \quad DS = 365.344 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40
GZ	-0.001	1.155	1.918	1.765	1.291
SM	1	4	2	4	1
Function of Area	-0.001	4.62	3.836	7.06	1.291

$$16.806 \quad DS = 939.264 \text{ m.ton}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60
GZ	-0.001	1.155	1.918	1.765	1.291	0.698	0.052
SM	1	4	2	4	2	4	1
Function of Area	-0.001	4.62	3.836	7.06	2.582	2.792	0.052

$$20.941 \quad DS = 1170.36 \text{ m.ton}$$

## Cargo Shift

Displacement: 1439.45 ton

Angle (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ	0,001	1,076	1,859	1,724	1,29	0,744	0,146	-0,47	-1,077	-1,654
SM	1	4	2	4	2	4	2	4	2	1
Function of Area	0,001	4,304	3,718	6,896	2,58	2,976	0,292	-1,88	-2,154	-1,654

$$\Sigma = -13.889$$

$$h = 10^{\circ}$$

$$h = \frac{10}{57,3} \text{ radian}$$

$$h = 0,17 \text{ radian}$$

$$\begin{aligned} \text{Area under the Stability Curve} &= \frac{1}{3} \times h \times \Sigma \\ &= -0.787 \text{ m.radian} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dynamical Stability} &= \text{Displacement} \times \text{Area under the Stability Curve} \\ &= -1132.9 \text{ m.ton} \end{aligned}$$

Angle (degree)	0	10	20
GZ	-0.208	0.459	0.666
SM	1	4	1
Function of Area	-0.208	1.836	0.666

$$\begin{aligned} &2.294 \quad DS = 187.119 \text{ m.ton} \\ &-16.966 \end{aligned}$$

Angle (degree)	0	10	20	30	40
GZ	-0.208	0.459	0.666	0.385	-0.091
SM	1	4	2	4	1
Function of Area	-0.208	1.836	1.332	1.54	-0.091

$$\begin{aligned} &4.409 \quad DS = 359.638 \text{ m.ton} \end{aligned}$$



Light Load 45 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.984	0.744	1.022
0.462	0.978	0.758	1.091
0.498	0.974	0.766	1.125
0.524	0.969	0.774	1.159
0.587	0.956	0.793	1.223
0.649	0.938	0.815	1.279
0.711	0.913	0.84	1.323
0.742	0.9	0.855	1.338
0.773	0.878	0.87	1.35
0.836	0.832	0.905	1.356
0.898	0.774	0.945	1.337
0.96	0.705	0.993	1.287
1.015	0.639	1.042	1.218
1.069	0.57	1.099	1.123
1.124	0.506	1.166	1.006
1.141	0.47	1.2	0.94
1.178	0.451	1.245	0.87
1.233	0.407	1.34	0.72
1.288	0.37	1.455	0.566
1.342	0.332	1.597	0.417
1.397	0.286	1.775	0.283
1.451	0.23	2.003	0.174
1.506	0.167	2.3	0.099
1.561	0.11	2.696	0.069
1.615	0.086	3.225	0.071
1.67	0.101	3.889	0.074
1.724	0.123	4.531	0.067
1.779	0.131	4.7	0.054
1.834	0.121	4.182	0.039
1.843	0.11	3.8	0.03
1.888	0.096	3.413	0.025
1.943	0.061	2.745	0.017
1.997	0.025	2.239	0.013

Light Load 90 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.989	1.053	0.271
0.462	0.991	1.072	0.336
0.524	0.995	1.094	0.402
0.550	0.996	1.1	0.43
0.587	1.001	1.121	0.464
0.649	1.008	1.152	0.52
0.711	1.016	1.188	0.567
0.773	1.025	1.23	0.599
0.800	1.029	1.25	0.605
0.836	1.034	1.28	0.615
0.898	1.046	1.337	0.61
0.96	1.063	1.404	0.584
1.015	1.082	1.474	0.543
1.069	1.106	1.554	0.487
1.124	1.132	1.649	0.417
1.178	1.154	1.761	0.338
1.200	1.16	1.84	0.3
1.233	1.165	1.895	0.255
1.288	1.157	2.058	0.174
1.342	1.124	2.259	0.101
1.397	1.062	2.51	0.04
1.451	0.972	2.832	0.017
1.506	0.859	3.253	0.043
1.561	0.731	3.813	0.059
1.615	0.597	4.56	0.063
1.67	0.466	5.499	0.058
1.700	0.4	5.9	0.052
1.724	0.344	6.407	0.047
1.779	0.238	6.647	0.033
1.834	0.152	5.915	0.019
1.888	0.087	4.827	0.006
1.943	0.042	3.881	0.005
1.997	0.014	3.167	0.011

Light Load 135 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.983	0.744	0.665
0.462	0.976	0.758	0.66
0.524	0.966	0.774	0.657
0.550	0.96	0.78	0.657
0.587	0.953	0.793	0.656
0.649	0.933	0.815	0.655
0.711	0.906	0.84	0.652
0.750	0.9	0.86	0.648
0.773	0.87	0.87	0.646
0.836	0.822	0.905	0.633
0.898	0.763	0.945	0.611
0.96	0.694	0.993	0.578
1.015	0.626	1.042	0.54
1.069	0.556	1.099	0.493
1.100	0.53	1.13	0.47
1.124	0.49	1.166	0.44
1.178	0.43	1.245	0.384
1.233	0.379	1.34	0.329
1.288	0.335	1.455	0.281
1.342	0.29	1.597	0.242
1.397	0.24	1.775	0.213
1.451	0.181	2.003	0.188
1.506	0.116	2.3	0.163
1.561	0.061	2.696	0.136
1.615	0.06	3.225	0.104
1.67	0.097	3.889	0.072
1.724	0.124	4.531	0.04
1.750	0.127	4.6	0.02
1.779	0.132	4.7	0.015
1.834	0.12	4.182	0.012
1.888	0.093	3.413	0.023
1.943	0.059	2.745	0.028
1.997	0.024	2.239	0.026

Full Load 45 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.984	0.794	1.006
0.436	0.98	0.812	1.052
0.507	0.971	0.857	1.109
0.542	0.965	0.884	1.151
0.613	0.947	0.95	1.187
0.649	0.935	0.99	1.22
0.684	0.919	1.037	1.24
0.766	0.872	1.173	1.264
0.811	0.837	1.274	1.264
0.857	0.794	1.402	1.253
0.903	0.744	1.566	1.227
0.949	0.688	1.781	1.188
1.04	0.566	2.484	1.062
1.086	0.508	3.07	0.975
1.131	0.459	3.867	0.873
1.177	0.422	4.621	0.757
1.223	0.394	4.54	0.63
1.269	0.367	3.663	0.499
1.314	0.332	2.8	0.371
1.36	0.284	2.18	0.254
1.406	0.224	1.751	0.158
1.451	0.159	1.447	0.098
1.497	0.098	1.223	0.08
1.543	0.059	1.054	0.085
1.589	0.064	0.921	0.088
1.634	0.086	0.815	0.082
1.68	0.1	0.728	0.069
1.726	0.102	0.656	0.054
1.771	0.092	0.596	0.038
1.817	0.073	0.544	0.025
1.863	0.048	0.5	0.017
1.909	0.021	0.461	0.014
2	0.023	0.398	0.012

Full Load 90 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.99	1.122	0.265
0.471	0.995	1.178	0.335
0.507	0.998	1.212	0.37
0.542	1.003	1.25	0.403
0.613	1.014	1.344	0.464
0.649	1.021	1.401	0.491
0.684	1.028	1.466	0.515
0.759	1.045	1.641	0.552
0.799	1.055	1.759	0.563
0.838	1.068	1.902	0.567
0.917	1.1	2.298	0.555
0.956	1.122	2.579	0.538
0.996	1.149	2.947	0.513
1.074	1.217	4.106	0.441
1.114	1.255	5.001	0.395
1.153	1.291	6.038	0.343
1.192	1.32	6.677	0.288
1.232	1.333	6.227	0.23
1.31	1.286	4.048	0.119
1.35	1.219	3.25	0.073
1.389	1.126	2.67	0.045
1.468	0.886	1.921	0.063
1.507	0.755	1.671	0.074
1.547	0.625	1.473	0.078
1.586	0.502	1.312	0.075
1.665	0.293	1.068	0.053
1.704	0.212	0.974	0.038
1.743	0.148	0.893	0.023
1.783	0.099	0.823	0.012
1.862	0.039	0.709	0.013
1.901	0.025	0.661	0.016
1.94	0.021	0.619	0.017
1.98	0.026	0.58	0.015

Full Load 135 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.983	0.794	0.66
0.471	0.974	0.833	0.655
0.507	0.968	0.857	0.653
0.542	0.961	0.884	0.652
0.613	0.941	0.95	0.649
0.649	0.928	0.99	0.647
0.684	0.912	1.037	0.645
0.766	0.862	1.173	0.634
0.811	0.825	1.274	0.622
0.857	0.781	1.402	0.606
0.903	0.73	1.566	0.584
0.949	0.673	1.781	0.556
0.994	0.612	2.074	0.521
1.04	0.549	2.484	0.481
1.086	0.488	3.07	0.435
1.131	0.433	3.867	0.386
1.177	0.386	4.621	0.337
1.269	0.312	3.663	0.252
1.314	0.273	2.8	0.222
1.36	0.224	2.18	0.199
1.406	0.167	1.751	0.18
1.451	0.104	1.447	0.16
1.497	0.047	1.223	0.136
1.543	0.034	1.054	0.109
1.589	0.07	0.921	0.079
1.634	0.099	0.815	0.05
1.68	0.114	0.728	0.024
1.726	0.113	0.656	0.006
1.817	0.078	0.544	0.025
1.863	0.051	0.5	0.029
1.909	0.022	0.461	0.028
1.954	0.008	0.427	0.023
2	0.025	0.398	0.016

Ballast 45 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.983	0.769	1.01
0.449	0.978	0.787	1.06
0.498	0.971	0.808	1.109
0.547	0.962	0.832	1.155
0.596	0.949	0.86	1.197
0.644	0.933	0.893	1.233
0.693	0.911	0.932	1.262
0.742	0.883	0.977	1.28
0.791	0.848	1.03	1.287
0.84	0.804	1.092	1.279
0.89	0.751	1.17	1.255
0.94	0.69	1.264	1.213
0.99	0.624	1.381	1.151
1.041	0.556	1.528	1.07
1.091	0.492	1.718	0.97
1.141	0.438	1.969	0.852
1.191	0.397	2.311	0.722
1.241	0.368	2.788	0.584
1.291	0.343	3.449	0.446
1.342	0.31	4.248	0.317
1.392	0.265	4.726	0.207
1.442	0.208	4.292	0.128
1.492	0.147	3.406	0.09
1.542	0.099	2.647	0.085
1.592	0.085	2.102	0.087
1.643	0.098	1.716	0.082
1.693	0.112	1.436	0.07
1.743	0.113	1.227	0.054
1.793	0.1	1.065	0.039
1.843	0.075	0.937	0.028
1.893	0.044	0.833	0.021
1.943	0.013	0.748	0.018
1.994	0.013	0.677	0.014

Ballast 90 deg

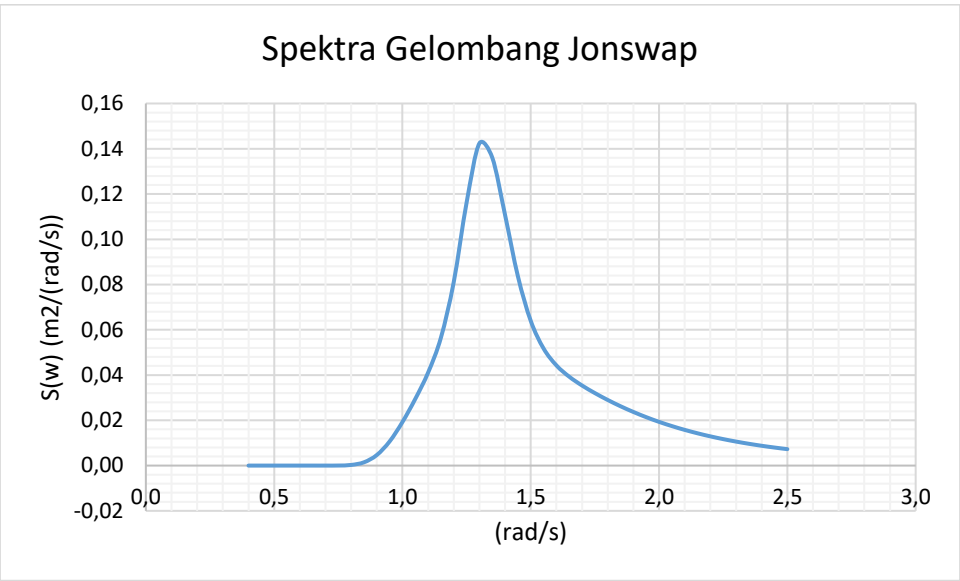
frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.99	1.087	0.265
0.449	0.992	1.113	0.314
0.498	0.996	1.142	0.363
0.547	1.001	1.177	0.41
0.596	1.007	1.217	0.455
0.644	1.014	1.263	0.495
0.693	1.022	1.317	0.528
0.742	1.031	1.381	0.554
0.791	1.042	1.456	0.571
0.84	1.053	1.545	0.577
0.884	1.066	1.639	0.572
0.928	1.082	1.752	0.525
1.015	1.127	2.05	0.498
1.059	1.156	2.252	0.455
1.103	1.187	2.506	0.403
1.147	1.216	2.833	0.345
1.19	1.241	3.261	0.282
1.234	1.253	3.834	0.219
1.278	1.247	4.602	0.156
1.322	1.218	5.563	0.099
1.366	1.163	6.461	0.053
1.41	1.081	6.614	0.03
1.497	0.859	4.695	0.059
1.541	0.731	3.766	0.068
1.629	0.48	2.561	0.062
1.672	0.369	2.177	0.051
1.716	0.272	1.882	0.038
1.76	0.192	1.65	0.024
1.804	0.129	1.464	0.013
1.848	0.082	1.311	0.008
1.891	0.049	1.184	0.012
1.935	0.028	1.077	0.015
2.023	0.025	0.906	0.013



Ballast 135 deg

frequency (rad/s)	Heave	Roll	Pitch
0.4	0.983	0.769	0.663
0.449	0.977	0.787	0.659
0.498	0.97	0.808	0.655
0.547	0.96	0.832	0.653
0.596	0.947	0.86	0.651
0.644	0.93	0.893	0.649
0.693	0.907	0.932	0.645
0.742	0.879	0.977	0.639
0.791	0.843	1.03	0.63
0.84	0.8	1.092	0.616
0.89	0.748	1.17	0.595
0.94	0.689	1.264	0.566
0.99	0.623	1.381	0.531
1.041	0.556	1.528	0.488
1.091	0.489	1.718	0.44
1.141	0.429	1.969	0.389
1.191	0.378	2.311	0.337
1.241	0.335	2.788	0.29
1.291	0.294	3.449	0.251
1.342	0.249	4.248	0.221
1.392	0.194	4.726	0.196
1.442	0.132	4.292	0.173
1.492	0.07	3.406	0.148
1.542	0.043	2.647	0.119
1.592	0.077	2.102	0.087
1.643	0.111	1.716	0.055
1.693	0.129	1.436	0.026
1.743	0.127	1.227	0.009
1.793	0.109	1.065	0.02
1.843	0.08	0.937	0.029
1.893	0.045	0.833	0.031
1.943	0.013	0.748	0.028
1.994	0.019	0.677	0.021

Parameter JONSWAP	Notasi	Nilai	Satuan
percepatan gravitasi	$g$	9.81	$m/s^2$
periode puncak gelombang	$T_p$	4.2	s
frekuensi puncak gelombang	$\omega_p$	1.5	rad/s
<i>peakedness parameter</i>	$\gamma$	2.50	
konstanta <i>generalised philips</i>	$\alpha$	0.0081	



$\omega$	$\sigma$	$S(\omega)$
0.40	0.07	0.00000
0.45	0.07	0.00000
0.50	0.07	0.00000
0.55	0.07	0.00000
0.60	0.07	0.00000
0.65	0.07	0.00000
0.70	0.07	0.00000
0.75	0.07	0.00003
0.80	0.07	0.00028
0.85	0.07	0.00146
0.90	0.07	0.00467
0.95	0.07	0.01068
1.00	0.07	0.01926
1.05	0.07	0.02948
1.10	0.07	0.04112
1.15	0.07	0.05659

1.20	0.07	0.08119
1.25	0.07	0.11625
1.30	0.07	0.14241
1.35	0.09	0.13607
1.40	0.09	0.11063
1.45	0.09	0.08358
1.50	0.09	0.06392
1.55	0.09	0.05172
1.60	0.09	0.04427
1.65	0.09	0.03927
1.70	0.09	0.03538
1.75	0.09	0.03203
1.80	0.09	0.02900
1.85	0.09	0.02622
1.90	0.09	0.02369
1.95	0.09	0.02140
2.00	0.09	0.01933
2.05	0.09	0.01746
2.10	0.09	0.01578
2.15	0.09	0.01427
2.20	0.09	0.01291
2.25	0.09	0.01170
2.30	0.09	0.01061
2.35	0.09	0.00963
2.40	0.09	0.00876
2.45	0.09	0.00797
2.50	0.09	0.00726

Light Load 45 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.984	0.744	1.022	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.978	0.758	1.091	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.974	0.766	1.125	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	0.969	0.774	1.159	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	0.956	0.793	1.223	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	0.938	0.815	1.279	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	0.913	0.84	1.323	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.9	0.855	1.338	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	0.878	0.87	1.35	0.00031	0.000	0.000	0.001
0.85	0.832	0.905	1.356	0.00162	0.001	0.001	0.003
0.90	0.774	0.945	1.337	0.00519	0.003	0.004	0.008
0.95	0.705	0.993	1.287	0.01187	0.005	0.011	0.018
1.00	0.639	1.042	1.218	0.02140	0.008	0.021	0.029
1.05	0.57	1.099	1.123	0.03275	0.010	0.036	0.037
1.10	0.506	1.166	1.006	0.04569	0.011	0.056	0.042
1.15	0.47	1.2	0.94	0.06288	0.013	0.081	0.050
1.20	0.451	1.245	0.87	0.09022	0.017	0.126	0.061
1.25	0.407	1.34	0.72	0.12917	0.019	0.209	0.060
1.30	0.37	1.455	0.566	0.15824	0.019	0.301	0.046
1.35	0.332	1.597	0.417	0.15118	0.015	0.347	0.024
1.40	0.286	1.775	0.283	0.12293	0.009	0.349	0.009
1.45	0.23	2.003	0.174	0.09286	0.004	0.335	0.003
1.50	0.167	2.3	0.099	0.07102	0.002	0.338	0.001
1.55	0.11	2.696	0.069	0.05747	0.001	0.376	0.000
1.60	0.086	3.225	0.071	0.04919	0.000	0.460	0.000
1.65	0.101	3.889	0.074	0.04363	0.000	0.594	0.000
1.70	0.123	4.531	0.067	0.03932	0.001	0.726	0.000
1.75	0.131	4.7	0.054	0.03559	0.001	0.708	0.000
1.80	0.121	4.182	0.039	0.03222	0.000	0.507	0.000
1.85	0.11	3.8	0.03	0.02914	0.000	0.379	0.000
1.90	0.096	3.413	0.025	0.02633	0.000	0.276	0.000
1.95	0.061	2.745	0.017	0.02378	0.000	0.161	0.000
2.00	0.025	2.239	0.013	0.02147	0.000	0.097	0.000

Light Load 90 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.989	1.053	0.271	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.991	1.072	0.336	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.995	1.094	0.402	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	0.996	1.1	0.43	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	1.001	1.121	0.464	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	1.008	1.152	0.52	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	1.016	1.188	0.567	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	1.025	1.23	0.599	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	1.029	1.25	0.605	0.00031	0.000	0.000	0.000
0.85	1.034	1.28	0.615	0.00162	0.002	0.002	0.001
0.90	1.046	1.337	0.61	0.00519	0.005	0.008	0.002
0.95	1.063	1.404	0.584	0.01187	0.012	0.021	0.004
1.00	1.082	1.474	0.543	0.02140	0.023	0.042	0.006
1.05	1.106	1.554	0.487	0.03275	0.036	0.071	0.007
1.10	1.132	1.649	0.417	0.04569	0.053	0.112	0.007
1.15	1.154	1.761	0.338	0.06288	0.075	0.176	0.006
1.20	1.16	1.84	0.3	0.09022	0.109	0.275	0.007
1.25	1.165	1.895	0.255	0.12917	0.158	0.417	0.008
1.30	1.157	2.058	0.174	0.15824	0.191	0.603	0.004
1.35	1.124	2.259	0.101	0.15118	0.172	0.694	0.001
1.40	1.062	2.51	0.04	0.12293	0.125	0.697	0.000
1.45	0.972	2.832	0.017	0.09286	0.079	0.670	0.000
1.50	0.859	3.253	0.043	0.07102	0.047	0.676	0.000
1.55	0.731	3.813	0.059	0.05747	0.028	0.752	0.000
1.60	0.597	4.56	0.063	0.04919	0.016	0.921	0.000
1.65	0.466	5.499	0.058	0.04363	0.009	1.187	0.000
1.70	0.4	5.9	0.052	0.03932	0.006	1.232	0.000
1.75	0.344	6.407	0.047	0.03559	0.004	1.315	0.000
1.80	0.238	6.647	0.033	0.03222	0.002	1.281	0.000
1.85	0.152	5.915	0.019	0.02914	0.001	0.917	0.000
1.90	0.087	4.827	0.006	0.02633	0.000	0.552	0.000
1.95	0.042	3.881	0.005	0.02378	0.000	0.322	0.000
2.00	0.014	3.167	0.011	0.02147	0.000	0.194	0.000

Light Load 135 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.983	0.744	0.665	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.976	0.758	0.66	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.966	0.774	0.657	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	0.96	0.78	0.657	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	0.953	0.793	0.656	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	0.933	0.815	0.655	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	0.906	0.84	0.652	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.9	0.86	0.648	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	0.87	0.87	0.646	0.00031	0.000	0.000	0.000
0.85	0.822	0.905	0.633	0.00162	0.001	0.001	0.001
0.90	0.763	0.945	0.611	0.00519	0.003	0.004	0.002
0.95	0.694	0.993	0.578	0.01187	0.005	0.011	0.004
1.00	0.626	1.042	0.54	0.02140	0.008	0.021	0.006
1.05	0.556	1.099	0.493	0.03275	0.009	0.036	0.007
1.10	0.53	1.13	0.47	0.04569	0.012	0.053	0.009
1.15	0.49	1.166	0.44	0.06288	0.014	0.077	0.011
1.20	0.43	1.245	0.384	0.09022	0.015	0.126	0.012
1.25	0.379	1.34	0.329	0.12917	0.017	0.209	0.013
1.30	0.335	1.455	0.281	0.15824	0.016	0.301	0.011
1.35	0.29	1.597	0.242	0.15118	0.011	0.347	0.008
1.40	0.24	1.775	0.213	0.12293	0.006	0.349	0.005
1.45	0.181	2.003	0.188	0.09286	0.003	0.335	0.003
1.50	0.116	2.3	0.163	0.07102	0.001	0.338	0.002
1.55	0.061	2.696	0.136	0.05747	0.000	0.376	0.001
1.60	0.06	3.225	0.104	0.04919	0.000	0.460	0.000
1.65	0.097	3.889	0.072	0.04363	0.000	0.594	0.000
1.70	0.124	4.531	0.04	0.03932	0.001	0.726	0.000
1.75	0.127	4.6	0.02	0.03559	0.001	0.678	0.000
1.80	0.132	4.7	0.015	0.03222	0.001	0.641	0.000
1.85	0.12	4.182	0.012	0.02914	0.000	0.459	0.000
1.90	0.093	3.413	0.023	0.02633	0.000	0.276	0.000
1.95	0.059	2.745	0.028	0.02378	0.000	0.161	0.000
2.00	0.024	2.239	0.026	0.02147	0.000	0.097	0.000

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.984	0.794	1.006	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.98	0.812	1.052	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.971	0.857	1.109	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	0.965	0.884	1.151	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	0.947	0.95	1.187	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	0.935	0.99	1.22	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	0.919	1.037	1.24	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.872	1.173	1.264	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	0.837	1.274	1.264	0.00031	0.000	0.000	0.000
0.85	0.794	1.402	1.253	0.00162	0.001	0.003	0.002
0.90	0.744	1.566	1.227	0.00519	0.003	0.011	0.007
0.95	0.688	1.781	1.188	0.01187	0.005	0.034	0.015
1.00	0.566	2.484	1.062	0.02140	0.006	0.119	0.022
1.05	0.508	3.07	0.975	0.03275	0.008	0.278	0.028
1.10	0.459	3.867	0.873	0.04569	0.009	0.615	0.031
1.15	0.422	4.621	0.757	0.06288	0.010	1.208	0.032
1.20	0.394	4.54	0.63	0.09022	0.013	1.674	0.032
1.25	0.367	3.663	0.499	0.12917	0.016	1.560	0.029
1.30	0.332	2.8	0.371	0.15824	0.016	1.117	0.020
1.35	0.284	2.18	0.254	0.15118	0.011	0.647	0.009
1.40	0.224	1.751	0.158	0.12293	0.006	0.339	0.003
1.45	0.159	1.447	0.098	0.09286	0.002	0.175	0.001
1.50	0.098	1.223	0.08	0.07102	0.001	0.096	0.000
1.55	0.059	1.054	0.085	0.05747	0.000	0.057	0.000
1.60	0.064	0.921	0.088	0.04919	0.000	0.038	0.000
1.65	0.086	0.815	0.082	0.04363	0.000	0.026	0.000
1.70	0.1	0.728	0.069	0.03932	0.000	0.019	0.000
1.75	0.102	0.656	0.054	0.03559	0.000	0.014	0.000
1.80	0.092	0.596	0.038	0.03222	0.000	0.010	0.000
1.85	0.073	0.544	0.025	0.02914	0.000	0.008	0.000
1.90	0.048	0.5	0.017	0.02633	0.000	0.006	0.000
1.95	0.021	0.461	0.014	0.02378	0.000	0.005	0.000
2.00	0.023	0.398	0.012	0.02147	0.000	0.003	0.000

## Full Load 90 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.99	1.122	0.265	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.995	1.178	0.335	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.998	1.212	0.37	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	1.003	1.25	0.403	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	1.014	1.344	0.464	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	1.021	1.401	0.491	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	1.028	1.466	0.515	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	1.045	1.641	0.552	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	1.055	1.759	0.563	0.00031	0.000	0.001	0.000
0.85	1.068	1.902	0.567	0.00162	0.002	0.005	0.000
0.90	1.1	2.298	0.555	0.00519	0.006	0.025	0.001
0.95	1.122	2.579	0.538	0.01187	0.013	0.071	0.003
1.00	1.149	2.947	0.513	0.02140	0.025	0.167	0.005
1.05	1.217	4.106	0.441	0.03275	0.044	0.497	0.006
1.10	1.255	5.001	0.395	0.04569	0.065	1.028	0.006
1.15	1.291	6.038	0.343	0.06288	0.094	2.063	0.007
1.20	1.32	6.677	0.288	0.09022	0.141	3.620	0.007
1.25	1.333	6.227	0.23	0.12917	0.207	4.508	0.006
1.30	1.286	4.048	0.119	0.15824	0.236	2.334	0.002
1.35	1.219	3.25	0.073	0.15118	0.202	1.437	0.001
1.40	1.126	2.67	0.045	0.12293	0.140	0.789	0.000
1.45	0.886	1.921	0.063	0.09286	0.066	0.308	0.000
1.50	0.755	1.671	0.074	0.07102	0.036	0.178	0.000
1.55	0.625	1.473	0.078	0.05747	0.020	0.112	0.000
1.60	0.502	1.312	0.075	0.04919	0.011	0.076	0.000
1.65	0.293	1.068	0.053	0.04363	0.003	0.045	0.000
1.70	0.212	0.974	0.038	0.03932	0.002	0.034	0.000
1.75	0.148	0.893	0.023	0.03559	0.001	0.026	0.000
1.80	0.099	0.823	0.012	0.03222	0.000	0.020	0.000
1.85	0.039	0.709	0.013	0.02914	0.000	0.013	0.000
1.90	0.025	0.661	0.016	0.02633	0.000	0.010	0.000
1.95	0.021	0.619	0.017	0.02378	0.000	0.008	0.000
2.00	0.026	0.58	0.015	0.02147	0.000	0.007	0.000



Full Load 135 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.983	0.794	0.66	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.974	0.833	0.655	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.968	0.857	0.653	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	0.961	0.884	0.652	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	0.941	0.95	0.649	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	0.928	0.99	0.647	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	0.912	1.037	0.645	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.862	1.173	0.634	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	0.825	1.274	0.622	0.00031	0.000	0.000	0.000
0.85	0.781	1.402	0.606	0.00162	0.001	0.003	0.001
0.90	0.73	1.566	0.584	0.00519	0.002	0.011	0.002
0.95	0.673	1.781	0.556	0.01187	0.005	0.034	0.003
1.00	0.612	2.074	0.521	0.02140	0.007	0.083	0.005
1.05	0.549	2.484	0.481	0.03275	0.009	0.182	0.007
1.10	0.488	3.07	0.435	0.04569	0.010	0.388	0.008
1.15	0.433	3.867	0.386	0.06288	0.011	0.846	0.008
1.20	0.386	4.621	0.337	0.09022	0.012	1.734	0.009
1.25	0.312	3.663	0.252	0.12917	0.011	1.560	0.007
1.30	0.273	2.8	0.222	0.15824	0.011	1.117	0.007
1.35	0.224	2.18	0.199	0.15118	0.007	0.647	0.005
1.40	0.167	1.751	0.18	0.12293	0.003	0.339	0.004
1.45	0.104	1.447	0.16	0.09286	0.001	0.175	0.002
1.50	0.047	1.223	0.136	0.07102	0.000	0.096	0.001
1.55	0.034	1.054	0.109	0.05747	0.000	0.057	0.001
1.60	0.07	0.921	0.079	0.04919	0.000	0.038	0.000
1.65	0.099	0.815	0.05	0.04363	0.000	0.026	0.000
1.70	0.114	0.728	0.024	0.03932	0.000	0.019	0.000
1.75	0.113	0.656	0.006	0.03559	0.000	0.014	0.000
1.80	0.078	0.544	0.025	0.03222	0.000	0.009	0.000
1.85	0.051	0.5	0.029	0.02914	0.000	0.007	0.000
1.90	0.022	0.461	0.028	0.02633	0.000	0.005	0.000
1.95	0.008	0.427	0.023	0.02378	0.000	0.004	0.000
2.00	0.025	0.398	0.016	0.02147	0.000	0.003	0.000

Ballast 45 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.983	0.769	1.01	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.978	0.787	1.06	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.971	0.808	1.109	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	0.962	0.832	1.155	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	0.949	0.86	1.197	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	0.933	0.893	1.233	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	0.911	0.932	1.262	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.883	0.977	1.28	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	0.848	1.03	1.287	0.00031	0.000	0.000	0.000
0.85	0.804	1.092	1.279	0.00162	0.001	0.002	0.002
0.90	0.751	1.17	1.255	0.00519	0.003	0.006	0.007
0.95	0.69	1.264	1.213	0.01187	0.005	0.017	0.016
1.00	0.624	1.381	1.151	0.02140	0.007	0.037	0.026
1.05	0.556	1.528	1.07	0.03275	0.009	0.069	0.034
1.10	0.492	1.718	0.97	0.04569	0.010	0.121	0.039
1.15	0.438	1.969	0.852	0.06288	0.011	0.219	0.041
1.20	0.397	2.311	0.722	0.09022	0.013	0.434	0.042
1.25	0.368	2.788	0.584	0.12917	0.016	0.904	0.040
1.30	0.343	3.449	0.446	0.15824	0.017	1.694	0.028
1.35	0.31	4.248	0.317	0.15118	0.013	2.455	0.014
1.40	0.265	4.726	0.207	0.12293	0.008	2.471	0.005
1.45	0.208	4.292	0.128	0.09286	0.004	1.540	0.001
1.50	0.147	3.406	0.09	0.07102	0.001	0.742	0.001
1.55	0.099	2.647	0.085	0.05747	0.001	0.362	0.000
1.60	0.085	2.102	0.087	0.04919	0.000	0.196	0.000
1.65	0.098	1.716	0.082	0.04363	0.000	0.116	0.000
1.70	0.112	1.436	0.07	0.03932	0.000	0.073	0.000
1.75	0.113	1.227	0.054	0.03559	0.000	0.048	0.000
1.80	0.1	1.065	0.039	0.03222	0.000	0.033	0.000
1.85	0.075	0.937	0.028	0.02914	0.000	0.023	0.000
1.90	0.044	0.833	0.021	0.02633	0.000	0.016	0.000
1.95	0.013	0.748	0.018	0.02378	0.000	0.012	0.000
2.00	0.013	0.677	0.014	0.02147	0.000	0.009	0.000

Ballast 90 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.99	1.087	0.265	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.992	1.113	0.314	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.996	1.142	0.363	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	1.001	1.177	0.41	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	1.007	1.217	0.455	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	1.014	1.263	0.495	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	1.022	1.317	0.528	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	1.031	1.381	0.554	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	1.042	1.456	0.571	0.00031	0.000	0.001	0.000
0.85	1.053	1.545	0.577	0.00162	0.002	0.003	0.000
0.90	1.066	1.639	0.572	0.00519	0.005	0.013	0.002
0.95	1.082	1.752	0.525	0.01187	0.013	0.033	0.003
1.00	1.127	2.05	0.498	0.02140	0.024	0.081	0.005
1.05	1.156	2.252	0.455	0.03275	0.039	0.149	0.006
1.10	1.187	2.506	0.403	0.04569	0.058	0.258	0.007
1.15	1.216	2.833	0.345	0.06288	0.084	0.454	0.007
1.20	1.241	3.261	0.282	0.09022	0.125	0.863	0.006
1.25	1.253	3.834	0.219	0.12917	0.183	1.709	0.006
1.30	1.247	4.602	0.156	0.15824	0.221	3.016	0.003
1.35	1.218	5.563	0.099	0.15118	0.202	4.211	0.001
1.40	1.163	6.461	0.053	0.12293	0.150	4.618	0.000
1.45	1.081	6.614	0.03	0.09286	0.098	3.656	0.000
1.50	0.859	4.695	0.059	0.07102	0.047	1.409	0.000
1.55	0.731	3.766	0.068	0.05747	0.028	0.734	0.000
1.60	0.48	2.561	0.062	0.04919	0.010	0.290	0.000
1.65	0.369	2.177	0.051	0.04363	0.005	0.186	0.000
1.70	0.272	1.882	0.038	0.03932	0.003	0.125	0.000
1.75	0.192	1.65	0.024	0.03559	0.001	0.087	0.000
1.80	0.129	1.464	0.013	0.03222	0.000	0.062	0.000
1.85	0.082	1.311	0.008	0.02914	0.000	0.045	0.000
1.90	0.049	1.184	0.012	0.02633	0.000	0.033	0.000
1.95	0.028	1.077	0.015	0.02378	0.000	0.025	0.000
2.00	0.025	0.906	0.013	0.02147	0.000	0.016	0.000

Ballast 135 deg

$\omega$	Heave	Roll	Pitch	S ( $\omega$ )	Heave	Roll	Pitch
0.40	0.983	0.769	0.663	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.45	0.977	0.787	0.659	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.97	0.808	0.655	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.55	0.96	0.832	0.653	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.60	0.947	0.86	0.651	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.65	0.93	0.893	0.649	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.70	0.907	0.932	0.645	0.00000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.879	0.977	0.639	0.00003	0.000	0.000	0.000
0.80	0.843	1.03	0.63	0.00031	0.000	0.000	0.000
0.85	0.8	1.092	0.616	0.00162	0.001	0.002	0.001
0.90	0.748	1.17	0.595	0.00519	0.003	0.006	0.002
0.95	0.689	1.264	0.566	0.01187	0.005	0.017	0.003
1.00	0.623	1.381	0.531	0.02140	0.007	0.037	0.005
1.05	0.556	1.528	0.488	0.03275	0.009	0.069	0.007
1.10	0.489	1.718	0.44	0.04569	0.010	0.121	0.008
1.15	0.429	1.969	0.389	0.06288	0.010	0.219	0.009
1.20	0.378	2.311	0.337	0.09022	0.012	0.434	0.009
1.25	0.335	2.788	0.29	0.12917	0.013	0.904	0.010
1.30	0.294	3.449	0.251	0.15824	0.012	1.694	0.009
1.35	0.249	4.248	0.221	0.15118	0.008	2.455	0.007
1.40	0.194	4.726	0.196	0.12293	0.004	2.471	0.004
1.45	0.132	4.292	0.173	0.09286	0.001	1.540	0.003
1.50	0.07	3.406	0.148	0.07102	0.000	0.742	0.001
1.55	0.043	2.647	0.119	0.05747	0.000	0.362	0.001
1.60	0.077	2.102	0.087	0.04919	0.000	0.196	0.000
1.65	0.111	1.716	0.055	0.04363	0.000	0.116	0.000
1.70	0.129	1.436	0.026	0.03932	0.001	0.073	0.000
1.75	0.127	1.227	0.009	0.03559	0.001	0.048	0.000
1.80	0.109	1.065	0.02	0.03222	0.000	0.033	0.000
1.85	0.08	0.937	0.029	0.02914	0.000	0.023	0.000
1.90	0.045	0.833	0.031	0.02633	0.000	0.016	0.000
1.95	0.013	0.748	0.028	0.02378	0.000	0.012	0.000
2.00	0.019	0.677	0.021	0.02147	0.000	0.009	0.000

## Light Load

### Roll

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	12
0.5	0.593298	0.843662	0.600016	12
0.9	1.006984	1.431886	1.018416	12
1.5	1.525036	2.168581	1.542302	12

### Pitch

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	3
0.5	0.147478	0.054915	0.072247	3
0.9	0.247521	0.092042	0.121494	3
1.5	0.379082	0.141155	0.185706	3

### Heave

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	0.4
0.5	0.02239	0.071416	0.027323	0.4
0.9	0.037799	0.120929	0.045808	0.4
1.5	0.057551	0.183569	0.070233	0.4

## Full Load

### Roll

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	12
0.5	0.668346	0.989818	0.636229	12
0.9	1.124118	1.664581	1.070431	12
1.5	1.717942	2.544263	1.635386	12

### Pitch

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	3
0.5	0.114216	0.05103	0.062541	3
0.9	0.191504	0.085528	0.105118	3
1.5	0.293586	0.131169	0.160757	3

### Heave

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	0.2
0.5	0.019006	0.073593	0.016845	0.2
0.9	0.032051	0.124482	0.028369	0.2
1.5	0.048853	0.189167	0.043298	0.2

### Ballast

#### Roll

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	12
0.5	0.794605	1.101315	0.794605	12
0.9	1.348016	1.868699	1.348016	12
1.5	2.042481	2.830859	2.042481	12

#### Pitch

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	3
0.5	0.128711	0.05143	0.066143	3
0.9	0.215904	0.086215	0.111214	3
1.5	0.330844	0.132197	0.170017	3

### Heave

Hs	45	90	135	Olson
0	0	0	0	0.2
0.5	0.020506	0.075155	0.018045	0.2
0.9	0.034613	0.127255	0.030415	0.2
1.5	0.052709	0.193181	0.046384	0.2

## **BIODATA PENULIS**



Ari Setiawan, lahir di Sidoarjo pada tanggal 1 Agustus 1996. Pendidikan formal dari TK hingga SMA ditempuh di Sidoarjo dan lulus dari SMA Hang Tuah 2 Sidoarjo pada tahun 2014. Setelah itu penulis diterima di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SBMPTN. Selama perkuliahan, penulis pernah menjadi kepala divisi pemetaan Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa

Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan pada tahun 2016-2017. Penulis mengambil studi kasus pada saat melakukan kegiatan kerja praktek di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya ketika kapal KMP SMS Swakarya telah selesai direparasi dan akan segera dioperasikan. Penulis memiliki ketertarikan dalam bidang hidrodinamika. Melalui tugas akhir ini, penulis menerapkan sebuah studi kasus di bidang hidrodinamika.